Beitrag zur Ökologie von jungen Holzpflanzen und von Waldbodenpflanzen

Wissenschaftliche Abhandlung
zur Erlangung der Doktorwürde
der
Staatswirtschaftlichen Fakultät
der Ludwig-Maximilians-Universität München

vorgelegt
von

Chi-Yün Chen
aus Anhui (China)

1939

Herm. Prinz, Bückeburg.

Referent:

Professor Dr. G. Krauss.

Beitrag zur Ökologie von jungen Holzpflanzen und von Waldbodenpflanzen

Wissenschaftliche Abhandlung

zur Erlangung der Doktorwürde

der

Staatswirtschaftlichen Fakultät

der Ludwig - Maximilians - Universität München

vorgelegt

von

C h i - Y ü n C h e n

aus Anhui (China)

1939

Herm. Prinz, Bückeburg.

Referent:

Professor Dr. G. K r a u s s .

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

V o r w o r t

Die nachfolgende Arbeit wurde an der Universität München im Institut für Bodenkunde und Standortslehre der Bayerischen Forstlichen Versuchsanstalt ausgeführt.

Nachdem ich im Sommersemester 1937 neben meinen forstlichen Studien ein allgemeines bodenkundliches Praktikum zur Einarbeitung in die bodenkundlichen Laboratoriumsmethoden mitgemacht,in den Sommerferien 1937 eine orientierende Studienreise über Großaufforstungen in Mitteleuropa ausgeführt und im Wintersemester 1937/38 mit den Vorbereitungen im Laboratorium begonnen hatte, nahm ich im Frühjahr 1938 die Aussenaufnahmen für vorliegende Arbeit auf, deren Thema mir von Professor Dr.K r a u s s gestellt wurde,

Bei den ganzen Untersuchungen im Gelände und Laboratorium wurde ich von den Herren des Bodenkundlichen Instituts bestens beraten und gefördert. Ich spreche dafür Herrn Professor Dr. G. K r a u s s, Herrn. Regierungschemierat Dr. H. S a l l i n g e r und Herrn Regierungsforstrat G. G ö t z meinen herzlichsten Dank aus.Ebenso danke ich herzlich Herrn Regierungschemierat H.J u n k für seine Unterstützung. Soweit gemeinschaftliche Arbeit vorliegt, wird dies bei der auszugsweisen Veröffentlichung der Teilabschnitte in Fachzeitschriften entsprechend zum Ausdruck kommen.

Auch den Herren Forstbeamten und Betriebsleitern der Pflanzgärten, die uns draußen an den Versuchsorten bei der Probenahme und durch Einsendungen von Blattproben und Pflanzen unterstützten, danke ich vielmals.

Beitrag zur Ökologie von jungen Holzpflanzen und von Waldbodenpflanzen.

I n h a l t:

Seite

Einleitung: 1

a) 1. Kurze Aufzählung der wirtschaftlich wichtigsten Holzarten meiner mittelchinesischen Heimat. 2

2. Zukunftsaufgaben der chinesischen Forstwirtschaft. 2

3. Die forstlichen Verhältnisse in meiner engeren Heimat. .. 4

b) Jahreszeitliche Niederschlagsverteilung in Ostasien. 5

c) Beschreibung meiner Studienreise zur Orientierung über mitteleuropäische Großaufforstungen 7

I. Untersuchungen über die Verteilung der organischen Stofferzeugung auf Wurzel, Stamm (mit Ästen) und Assimilationsorgane bei jungen Holzpflanzen. 11

a) Besprechnung der bisherigen einschlägigen Arbeiten 12

b) Eigene Untersuchungen..... 20

A. Untersuchungen an Pflanzen aus Pflanzgärten..... 24

B. Untersuchungen an Naturverjüngungspflanzen..... 34

II. Untersuchungen über den Einfluß verschiedenen Lichtgenusses auf die Ausbildung von Nadeln und Blättern (bezw.Trieben) von Waldbäumen:.. 58

a) Lichtblattausbildung (Blattgewicht pro Flächeneinheit) verschiedener Laubholzarten aus dem Tharandter Forstgarten..... 58

b) Nadelausbildung (Nadelgewicht pro lfd. Meter) bei verschiedenem Lichtgenuß, untersucht an Nadelbäumen des Grafrather Forstgartens..... 58

c) Orientierender Versuch über den Einfluß unterschiedlicher Beschattung auf die Entwicklung von jungen Kiefernpflanzen verschiedener Herkunft..... 59

III. Untersuchungen über die Mineralstoffaufnahme von standörtlich kennzeichnenden Waldbodenpflanzen..... 65

a) Allgemeiner Vergleich zwischen verschiedenen Kräutern, Gräsern und Moosen usw. aus der Umgebung Münchens..... 67

b) Kalk- und Kieselsäuregehalt von Heidelbeerblättern verschiedenartiger deutscher Standorte..... 69

Schlußwort..... 71

Verzeichnis des benutzten Schrifttums..... 73

Anhang: Ortsverzeichnis zur Karte der jahreszeitlichen Verteilung der Niederschläge in Ostasien.....77

Einleitung

Obwohl das ziemlich humide Mittelchina und das ausgeprägt humide Südchina an sich dem Walde sehr günstige klimatische Bedingungen bieten, gehört meine mittelchinesische Heimat zu den waldärmsten Landgebieten der Erde. Das war nicht immer so. Noch in geschichtlichen Zeiten war China sehr reich an Wald. Die jetzt kahlen Steilabhänge der Gebirge und die Ufer der Flüsse waren von Hochwald bedeckt, die bäuerlichen Siedlungen und Kulturen waren in Hochwald eingebettet.

Für die jetzt zutage tretende erschütternde Waldarmut Chinas kann nicht die klassische Zeit der chinesischen Kultur verantwortlich gemacht werden. Vor mehr als dreitausend Jahren, zur Zeit der Tschou - Dynastie (beginnend mit dem Jahre 1134 vor Christus), in einer Periode kultureller Blüte, gab es chinesische Forstgesetze. Durch kaiserliche Verfügungen waren die Eigentumsverhältnisse am Hochwald streng geregelt. Ein eigenes Forstministerium mit über das ganze Land verteilten Forstdienststellen (heutigen Forstämtern vergleichbar) sorgte für eine pflegliche Nutzung und damit für die Erhaltung des Hochwaldes. Von den damaligen Forstverwaltungsvorschriften sind uns einige überliefert. So bestand die Vorschrift, daß im Winter Lichtholz, im Sommer Schattholz gefällt werden durfte. Ferner war den Gemeinden die Anpflanzung von Allee-, Park-, Grabdenkmals- und Dorfgemarkungsbäumen zur Auflage gemacht. Unsere Ahnen waren sich also nicht nur der volkswirtschaftlichen, sondern auch der ästhetischen und ethischen Bedeutung des Waldes wohl bewußt. Je nach den besonderen standörtlichen und wirtschaftspolitischen Umständen waren für diese Anpflanzungen vorgeschrieben: Thuja orientalis, Juniperus chinensis, Pinus massoniana und Sophora japonica.

Auch von dem Begriff der Nachhaltigkeit der Waldnutzung hatte man eine klare Vorstellung. Men - tse, einer unserer großen, damals (vor 2400 Jahren) lebenden Lehrer, sagte: „Fälle nach richtiger Zeit den Baum aus dem Walde, dann wirst du immer genügend Holz haben!"

In jenen fernen Zeiten wurde der Hochwald nur soweit zurückgedrängt, als es die Kultur erforderte: Die Ausdehnung des Ackerbaues und der Brennholzbedarf führten in der Ebene zu einer Verminderung der Waldfläche. Überhandnahme des Wildschadens und massenhaftes Auftreten von gefährlichen Insekten zwangen dazu, den Hochgebirgswald teilweise niederzubrennen. Diese wohlüberlegten Maßnahmen der Waldabschwendung konnten jedoch vor der Nachwelt verantwortet werden.

Anderthalbtausend Jahre später, nach der Chin - Han Dynastie kam für den Wald eine schlimme Zeit (50-620 n.Chr.). Der Untergang der Dynastie war mit endlosen Kriegswirren verbunden, die eine große Waldverwüstung mit sich brachten. Als deren Folge wird China seitdem von ständig wiederkehrenden Hochwasserkatastrophen heimgesucht; der Hoangho wurde zum „Kummer Chinas".

Wohl haben in den folgenden Jahrhunderten die Kaiser verschiedentlich versucht, die Waldverwüstung in ihren verheerenden Folgen möglichst abzumildern. Als Beispiele „forstpolitischer" Maßnahmen großen Stils seien nur genannt die Aufforstungsdekrete Kaiser Sun's (960 n.Chr.) und die von Staats wegen vorgenommenen Musteraufforstungen Kaiser Ming's (1368 n. Chr.).Kaiser Sun ordnete an, daß jede im Gebiete des Hoangho siedelnde Familie je nach ihrer Kopfzahl 10-50 Stück jener Baumart, die den Bodenverhältnissen am besten entsprach, anzupflanzen hatte. Auf Befehl Kaiser Ming's wurden im Gebiet von Nanking über 2 000 000 Aleurites fordii, Rhus vernicifera und Trachycarpus excelsa eingebracht. Damals wurden auch große Anpflanzungen von Sapium sebiferum, aus dessen Samen Öl gewonnen wird, vorgenommen. Diese staatlichen Anpflanzungen sollten dem Volke als Muster dienen. Da jedoch dabei fast durchwegs Baumarten verwendet wurden, die verhältnismäßig kurzlebig waren, und deren hauptsächlicher Wirtschaftswert in ihrer Fruchternte lag, so waren alle diese „Aufforstungs"-Maßnahmen mehr agrarpolitischer als forstpolitischer Art. Der Hochwald war nach wie vor das Stiefkind und ging unaufhaltsam seinem Ende entgegen, weil die natürliche Verjüngung nicht Schritt halten konnte mit den Jahrhunderte hindurch erfolgenden ungeregelten Eingriffen in die Waldsubstanz.

Von der Mitte des vergangenen Jahrhunderts ab gingen zur Zeit der Tsin Dynastie (1840-1900) fast noch die letzten Reste zusammenhängenden Hochwaldes zugrunde, und zwar in Nordwestchina durch den Mohammedaneraufstand, in Mittel- und Südchina durch die Teipinrevolution und in Nordostchina durch den Einfluß der Russen und Japaner.

Was China infolge seiner geschichtlichen Entwicklung und seiner, ich möchte fast sagen, einseitig gärtnerischen Einstellung an Wald verblieben ist, ist außer Südwestchinas Hochwald und einigem Gebirgswald fast nur Buschwald.

Bevor ich auf die neuzeitlichen chinesischen Bestrebungen der Aufforstung eingehe, möchte ich, um meinen europäischen Forstkollegen eine Vorstellung davon zu geben, wie in meiner Heimat von alters her bis in die neueste Zeit „Waldgartenbau" getrieben wird, die wirtschaftlich wichtigsten Nutzholzarten der chinesischen Provinz Anhui kurz aufzählen.

a. 1) Kurze Aufzählung der wichtigsten Nutzholzarten der chinesischen Provinz Anhui.

In Mittel- und Südchina, zwischen dem 22. und 32. Breitengrad, sind die waldbaulich und wirtschaftlich wichtigsten Holzarten: die Spießtanne (Cunninghamia lanceolata), Aleurites fordii (in Kwantung A. monata), der Bambus (Phyllostachys edulis), der Talgbaum (Sapium sebiferum), der Ölteestrauch (Thea oleifera), der Lackbaum (Rhus vernicifera) und der Kampferbaum (Cinnamomum Camphora).

Die Verbreitung dieser Holzarten hängt ziemlich stark von den klimatischen Bedingungen ab: Die mittlere Temperatur muß im Januar mindestens + 1° C, im Juli 28-36°C und während der Vegetationszeit 19,5° C betragen. Wenn, wie in Nordchina, das Gebiet kälter ist als angegeben, so gedeihen diese Holzarten fast nicht mehr. Die Gesamtjahresniederschläge betragen dabei 700-2 000 mm, die Sommerniederschläge (Mai bis August) 400 bis 1 300 mm. In weniger niederschlagsreichen Gebieten wachsen die erwähnten Holzarten auch kaum mehr.+)

Die pH-Werte des Bodens liegen zwischen 4,0 und 7,3.++) Die Vegetationszeit beginnt zwischen Februar und Anfang März und endet zwischen September und Anfang Dezember,

Die Cunninghamia wird in ganz China als wertvolles Bauholz benutzt.

Der Hauptnutzen der Aleurites ist das Öl ihrer Nüsse, das in großen Mengen aus China ausgeführt wird, ebenso wie das der Früchte des Talgbaumes und des Ölteestrauches.

Der Bambus hat zwei große Aufgaben: aus seinen jungen, zarten Sprossen bereitet man ein wohlschmeckendes und bekömmliches Gemüse, die Bambusstämme dienen als Baumaterial und zur Herstellung von Möbeln.

Der Lackbaum welcher etwas nördlicher wächst als die anderen aufgeführten Nutzholzarten, liefert den geschätzten chinesischen Lack, der auch ins Ausland ausgeführt wird.

Der Hauptnutzen des Kampferbaumes liegt im Kampfer, dem weltwirtschaftlich für technische und medizinische Zwecke so wichtigen Rohstoff, aber auch das Kampferbaumholz ist sehr wertvoll.

Alle diese Baumarten haben den großen, wirtschaftlich besonders wichtigen Vorteil gemeinsam, daß sie sich sehr schnell vermehren lassen und auch rasch Ernteprodukte liefern. Wegen der großen volkswirtschaftlichen Bedeutung dieser Holzarten wird auf ihren Anbau und ihre Verbreitung die größte Sorgfalt verwendet.

a. 2) Zukunftsaufgaben der Forstwirtschaft in der chinesischen Provinz Anhui.

Die neuzeitliche chinesische Forstwirtschaft begann, als im Jahre 1897 die Deutschen in Tsingtau nach forstwissenschaftlichen Grundsätzen große Aufforstungen mit Rotkiefer, Schwarzkiefer und Robinie u.s.w. vornahmen. Hierauf haben von 1907 ab Chen Dsin - Sien, Chen Yung und Chen Bang-Dschin u.A. in verschiedenen Provinzen Ödlandflächen aufgeforstet.

Die Aufgabe der jungen chinesischen Forstwirtschaft ist,

1. auf Ödflächen günstigen Standorts hochwertige Nutzholzbestände zu begründen;

+) Die Temperaturangaben sind dem Atlas: „Land Utilization in China", 1937, die Niederschlagswerte dem Werke „Etude sur la pluie en Chine par le P.E. Gherzi, S.J., Chang-Hai 1937" entnommen.

++) Unter +) zitierter Atlas, S. 33.

2. die durch jahrhundertelangen Holzraub entstandenen Buschwälder in Hochwald umzuwandeln, der, nur durch dauernde entsagungsvolle Pflege entstehend, späterhin einmal bei geregelter Bewirtschaftung eine nachhaltige Nutzung verbürgen soll;
3. kahle Berghänge, Stromufer und Meeresküsten als Schutz gegen die Bodenabtragung und gegen die verheerenden Überschwemmungen, welche unser Land und Volk in ständiger Wiederkehr im Verlaufe seiner ganzen Geschichte heimsuchen, neu - oder wiederaufzuforsten.

Diese verantwortungsvollen Aufgaben, die zu ihrer Durchführung mehrere Menschenalter erfordern dürften, kann die chinesische Forstwirtschaft nur mit Hilfe der Forstwissenschaft erfolgreich durchführen, da wir nur dann vor Fehlschlägen unserer Bestrebungen bewahrt bleiben werden, wenn unsere waldbaulichen Maßnahmen mit den Gegebenheiten des Standorts in Einklang stehen.

Die Großräumigkeit der chinesischen Landschaft birgt eine Fülle von Standortsverschiedenheiten in sich, deren Untersuchung und sinnvolle Deutung der Forstökologie ein weites Feld von Forschungsmöglichkeiten eröffnet.

a 3) Die forstlichen Verhältnisse in meiner engeren Heimat.

In meiner Heimat, der Provinz Anhui, findet sich heute nur noch in den höheren Lagen oder in unbesiedelten, wenig zugänglichen Gegenden Hochwald, der hauptsächlich aus Cunninghamia, verschiedenen Eichen- und Kastanienarten und aus chinesischer Kiefer (Pinus massoniana) besteht. In den mittleren und unteren Lagen der Mittelgebirge und vor allem in dem davorliegenden Berg- und Hügelland, wo das Feld überwiegt, ist heute zumeist nur Buschwald vorhanden.

Durch viele Jahrhunderte ist der Buschwald, der meistens aus Eiche besteht, als Stockausschlagswald für Brennholznutzung geschlagen worden, zum Teil in sehr kurzen Abständen und unregelmäßig, da die Eigentumsverhältnisse teilweise nicht geklärt sind. Ebenso holt man seit alter Zeit aus dem Walde die Baumabfälle und zwar nicht als Streu für den Stall oder die Düngung der Felder wie in Europa, sondern als Brennstoff.

Wir können annehmen, daß durch diese jahrhundertelange Stockausschlagsnutzung und die Entnahme der Abfälle auch der Waldboden sich verschlechtert hat.

In der Nähe der Städte werden heute nicht nur die Baumabfälle (Zweige usw.) entnommen, sondern auch die Bodenvegetation aus dem Walde weggeholt. Auch das bedeutet eine dauernde Bodenschädigung.

Unsere chinesische Forstwirtschaft hat sich neben den Aufforstungen die Aufgabe gestellt, die herabgewirtschafteten Buschwälder wieder in Hochwald zu verwandeln, weil dies leichter ist als die Neuaufforstung der Ödländereien.

Zu den Aufforstungen verwendet man in meiner Heimat z.Z. einerseits Kernwuchspflanzen von Kiefer, andererseits Stecklinge von Cunninghamia. Zumeist

wurden bisher reine Bestände begründet. Wenn der Boden lehmiger und die Feuchtigkeit ausreichend ist, so wird vorwiegend Cunninghamia gepflanzt, auf den armen und trockenen Standorten kommt zumeist die Kiefer zur Verwendung. Gemischte Bestände sind bis jetzt nur ganz wenige künstlich begründet worden.

Wir chinesischen Forstleute stellen uns aber auch die Frage, ob für die spätere Zukunft solche Reinbestände das richtige sind. In den Pinus massoniana-Beständen haben wir viele Schädlinge: So machen uns z.B. große Nonnenfraßschäden viel zu schaffen. Außerdem entstehen in unseren Kiefernwäldern oft Brände. Eine unserer forstlichen Hauptsorgen ist deshalb, die reinen Kiefernbestände gegen diese Gefahren zu sichern. Das Kiefernholz ist aber als Nutzholz nicht so beliebt, weil es sehr astig und harzreich ist.

Cunninghamia leidet wenig unter Schädlingen. Sie ist bei uns die Hauptnutzholzart.

Neben Kiefer und Cunninghamia wird zur Aufforstung auch Eiche, auf etwas feuchteren Standorten in Mischung mit Lithocarpus (einer schattenertragenden Nadelholzart), verwendet.

In meiner Heimatprovinz erfolgten vor etwa 20 Jahren die ersten planmäßigen Aufforstungen durch meinen verehrten Lehrer, Chin Bang-Dschin, der in Amerika Forstwissenschaft studiert hat.

Anfänglich wurde zur Aufforstung neben Kiefer auch Robinie verwendet. Diese Holzart hat sich jedoch im Allgemeinen nicht bewährt, da sie leicht vom Wind geworfen wird und auch sehr unter Maikäferfraß leidet.

Wenn wir in Zukunft eine planmäßige, erfolgversprechende Aufforstung und Forstwirtschaft betreiben wollen, so sind für unser waldarmes Land in weitaus höherem Grade ähnliche Probleme maßgebend als in Europa.

Aber bei allen Maßnahmen müssen wir uns bewußt bleiben, daß die europäischen Erfahrungen nur mit Vorsicht auf unsere Verhältnisse übertragen werden können.

Um aus den Erfahrungen der Forstwirtschaft von Europa und Nordamerika Nutzen ziehen zu können, müssen wir vor allem das Klima vergleichen. Die klimatischen Verhältnisse von Nordamerika, Europa und Ostasien weisen im Großen Ähnlichkeit auf. Auch die Vegetation geht bekanntlich auf eine gemeinsame Wurzel zurück. Noch im Tertiär war die Flora dieser drei großen Vegetationsgebiete der nördlichen Halbkugel gleich, erst gegen Ende der Tertiärzeit und im Diluvium hat sie sich getrennt weiter entwickelt.

b) Jahreszeitliche Niederschlagsverteilung in Ostasien.

Für die Vegetation und vor allem für den Wald in Ostasien, Europa und Nordamerika ist wohl der wichtigste differenzierende Faktor die Feuchtigkeit. Bei standörtlichen Vergleichen müssen wir deshalb in erster Linie die Niederschlagsverhältnisse einander gegenüberstellen. Dazu wurde eine kartenmäßige

Darstellung der jahreszeitlichen Niederschlagsverteilung für Ostasien zum Vergleich mit Europa und Amerika aus den vorhandenen Zahlenunterlagen hergestellt.

Die Sammlung der Unterlagen und Herstellung der Karte für Ostasien erfolgte als Gemeinschaftsarbeit mit Reg.- Chemierat J u n k . Für Europa stand uns zum Vergleich eine fertige Darstellung aus einer Tharandter Diplomarbeit(33) zur Verfügung. Die entsprechende Karte für Nordamerika kann im Rahmen dieser Arbeit nicht mehr vorgelegt werden, weil die vollzählige Beschaffung der Unterlagen z.Zt. nicht möglich war.

Für ganz Ostasien ergibt sich ein mehr oder weniger eindeutiges Vorherrschen der Sommerniederschläge. -

In den trockenen Gebieten hat die Schneebedeckung eine große Bedeutung. Auch in meiner engeren Heimat, die einer geographischen Breite von Tripolis entspricht, fällt jedes Jahr regelmäßig Schnee, etwa von Dezember bis Februar. In manchen Jahren erreicht der Schnee eine Höhe von einem halben Meter.

Daß der Sommer wesentlich heißer ist als in Mitteleuropa, beweist schon der Reisbau und das Vorkommen von Bambus.

Wir haben also in Mittelchina große Unterschiede zwischen Winter und Sommer.

Die Sommerregen sind ausgesprochene Monsunregen. Die Hauptregenzeit liegt in den Monaten Mai bis Juli. Welche Unterschiede zwischen den verschiedenen Gegenden bestehen, läßt die beiliegende Karte der Niederschlagsverteilung (Junk und Chen) deutlich erkennen.+)

Die Landwirtschaft sichert ihren großen Wasserbedarf für den Reisbau in den Gegenden, wo sie ihn nicht aus Quellen, Bächen und Flüssen erhält, durch Speicherseen. Selbst aus Brunnen wird in Trockenzeiten Wasser für die Reisfelder gepumpt.

Im Gegensatz dazu hat in der Forstwirtschaft die Regelung des Wasserfaktors so gut wie ausschließlich durch waldbauliche Maßnahmen zu erfolgen. Dies gilt sowohl für die Aufforstungen als auch für die allmähliche Umwandlung des Buschwaldes über Mittelwald in Hochwald. Im ersten Falle muß durch die Auswahl der anzubauenden Wirtschaftsholzarten (allenfalls unter Voranbau entsprechender Hilfsholzarten), im zweiten Falle durch die Auswahl der in Pflege zu nehmenden Holzarten eine möglichst günstige Wasserbilanz angestrebt werden. Dabei ist vor allem dahin zu wirken, daß der Boden günstig durchwurzelt wird. In meiner Heimat muß der Forstmann, abgesehen von der waldbaulich - ökonomischen Forderung++), daß der Boden nicht nur der Fläche nach, sondern auch der

---

+) Ortsverzeichnis zur Niederschlagskarte von Ostasien s. Anhang Seite 77.

++) Gustav K r a u s s : Wald und Boden, Ztschr. Raumforschung und Raumordnung. 2. Jahrgang, S. 592; insbesondere S. 596.

ca. 1 : 10 Millionen

中國及日本全年各月雨量分佈圖

本圖根據上海徐家滙天文台雨量記載及日本氣象圖編製 (各圖解以十月為起始月份)

設計者 雍克和家 程璐雲

繪圖者 哈廷甲

西曆一九三八年製於德國明興大學土壤及生態研究室 (主任教授: 克樂斯博士)

Baikal-See

Argun

Amur

Sungari

Chankasee

黄海

渤海

黄河

Hwang-ho

Jang-tsze 江

Hsi-kiang 珠江

洪澤湖

洞庭湖

鄱陽湖

太湖

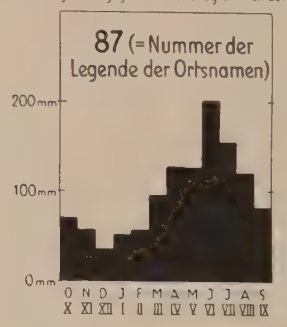
巢湖

揚子

Jahreszeitliche Niederschlagsverteilung

d h. durchschnittliche monatliche Niederschlagsmenge

(5 fach vergrößert gegenüber den Diagrammen der Karte)



Jahreszeitliche Verteilung der Niederschläge in Ostasien

nach E. Gherzi, Etude sur la Pluie en Chine (Appendice), Shanghai-Zikawei 1937 und nach Climatic Atlas of Japan, Tokyo 1929

zusammengestellt von H. Junk und C.Y. Chen

im Institut für Bodenkunde und Standortslehre (Leiter: G. Krauss), Universität München 1938

Die Diagramme beginnen mit Oktober (Anfang des forstlichen Wasserhaushaltsjahres)

chnet von K. Hartinger

Tiefe nach voll nutzbar zu machen ist, bei der Anlage von Schutzwäldern im Hochgebirge und entlang der Flüssedämme vor allem aus dem Grunde eine gute Durchwurzelung zu erreichen suchen, weil diese die Standfestigung der Bäume bedingt und im Gebirge in erhöhtem Maße den Abfluß ausgleicht und den Boden vor Abschwemmung schützt.

Für die Jungpflanzen der Aufforstungen und für die Naturverjüngung des wieder hochzubringenden Buschwaldes ist die Bodenflora eine einschneidende Konkurenz im Bodenraum und im Wasser- und Nährstoffhaushalt. Deshalb erschien mir das Studium des ökologischen Verhaltens der Waldbodenflora kaum weniger wichtig als jenes der jungen Holzpflanzen.

c) Beschreibung meiner Studienreise zur Orientierung über mitteleuropäische Großaufforstungen.

Um für meine spätere Hauptaufgabe in der Heimat und für die vorliegende Arbeit entsprechende eigene Anschauung zu gewinnen, unternahm ich in den Sommerferien 1937 eine längere Reise zum Studium einiger bekannter europäischer Großaufforstungen: nach Frankreich (Eichen- und Buchenwaldungen, welche im Übergang von Niederwald zu Mittel- und Hochwald stehen), in die Schweiz (Hochgebirgsaufforstungen), nach Jugoslavien (Karstaufforstungen), nach Italien (Dünenaufforstung bei Grosseto am Tyrrhenischen Meer und Gebirgsaufforstungen), nach dem damaligen Deutsch - Österreich, der jetzigen deutschen Ostmark (Hochgebirgsaufforstung in der Gegend von Weichselboden im Forstamt Gußwerk) und nach Dänemark (Heide- und Dünenaufforstungsgebiete).

Der Hauptzweck dieser Studienreise war aber, mir eine Vorstellung von den Bedingungen mitteleuropäischer Großaufforstungen zu verschaffen. Meine Erwartung, daß ich auf dieser Reise viele für meine spätere Tätigkeit in meiner Heimat wertvolle Beobachtungen machen würde, hat sich vollauf erfüllt.Es sei mir daher im Interesse meiner chinesischen forstlichen Kollegen noch gestattet, wenigstens einige Beobachtungen, die ich in Dänemark, in Jugoslavien und in Italien machte, kurz zu schildern:

Die Heide- und Dünenaufforstungen in Jütland.

In Jütland gibt es etwa 10 000 ha Heide. Bei einer der von mir besichtigten Aufforstungsflächen zeigte der Boden z.B. eine etwa 5 cm starke schwärzlich braune Auflagehumuschicht und darunter einen, etwa 25 cm starken violettgrauen Bleichhorizont; unter diesem lag ein etwa 30 cm starker, nicht sehr fester sandiger Ortstein.Ähnliche Bodenprofile habe ich an den Wänden von Abflußgräben, die das Aufforstungsgebiet durchzogen, öfters beobachtet. Schon vor 60 Jahren hat man in dieser Gegend mit den Aufforstungen begonnen.Zunächst wird dabei im Frühjahr die Heide abgebrannt,und der Boden etwa 10-16 cm tief

gepflügt. Im darauffolgenden Frühjahr wird mit Wendepflügen etwa 20-25 cm tief umgepflügt; die Umstülpung des Bodens bewirkt eine Vermischung des Heidehumus mit dem Mineralboden, wodurch der Humus in eine biologisch tätige Form übergeführt wird. Im dritten Jahr wird der Boden zwecks Zerkleinerung der Schollen geeggt und hierauf wieder gepflügt. Auf die Pflugbalken pflanzt man in 1,5 m Abstand 4-5-jährige Fichten und dazwischen 2-jährige Bergkiefern; letztere decken den Boden und verhindern den Unkrautwuchs. Wenn nach etwa 20 Jahren der Fichtenbestand in Schluß gekommen ist, werden die Bergkiefern herausgehauen.

Bei einem anderen Aufforstungsversuch in Jütland wurde die Heidefläche nur umgepflügt und sofort mit 3-4-jähriger Bergkiefer als Voranbau bepflanzt; nach 10 Jahren setzte man zwischen die Bergkiefer Fichte oder andere Holzarten wie Lärche, Buche, Birke, Eiche, Douglasie, Tanne. Schon nach 30 Jahren ist die Bergkiefer unterdrückt und wird dann entfernt. Ich habe verschiedene auf solche Weise entstandene Mischwälder aus den genannten Laub- und Nadelhölzern gesehen.

An der jütländischen Nordseeküste breitet sich ein etwa 80 000 Hektar umfassendes Dünengebiet aus, mit dessen Aufforstung schon vor 80 Jahren begonnen worden ist.

Zuerst pflanzt man zur Festigung des Flugsandes Strandhafer (Psamma arenaria). An besonders windgefährdeten Stellen läßt sich das Anwachsen des Strandhafers nur dadurch erreichen, daß man den Dünensand mit Reisig stilllegt; hierzu wird das Reisig in netzförmiger Anordnung schräg in den Sand gesteckt. Nachdem der Strandhafer gut angewachsen ist, wird Bergkiefer als Voranbau gepflanzt, darnach Fichte, Stieleiche oder Kiefer (Pinus silvestris).

Die Karstaufforstung in Jugoslavien.

Im Verkarstungsgebiet sind Flachgründigkeit, Trockenheit und Hitze die drei größten Hemmnisse für das Gelingen der Aufforstung.

Die verschiedenen Verfahren, die man in Jugoslavien anwendet, um den jungen Holzpflanzen bei den für sie nahezu hoffnungslosen natürlichen Standortsverhältnissen über die ersten Schwierigkeiten hinwegzuhelfen, waren in ihrer gartenbaulichen Feinheit und Durchdachtheit ungemein ansprechend für mich: Jede Pflanze erhält eine „Wiege", in der sie ihr zartes Jugendstadium verbringt und aus der sie allmählich hineinwächst in den für sie besonders harten Kampf ums Dasein.

Beim ersten Verfahren werden in das Karstgestein blumentopfgroße Aushöhlungen gemacht, in denen man die jungen Holzpflanzen mit Waldmullerde anpflanzt; hierbei legt man, um die Verdunstung herabzusetzen, von halber Wurzelhöhe ab und einige cm von den Wurzelverzweigungen entfernt, kleine flache Steine zwischen die Feinerde und bedeckt auch die Oberfläche, bis auf einen

Umkreis von einigen cm um den Wurzelhals herum, mit Steinen. Bei Pinus nigra und Cedrus deodara hat man mit dieser Art der Anpflanzung sehr gute Erfolge erzielt.

Ein zweites Verfahren besteht darin, daß man etwa 30 cm lange und etwa 2 cm starke, hohle Sonnenblumenstengel mit feinsandiger Laubwaldmullerde füllt und darin nach Anfeuchtung den Baumsamen ansetzt. Die so vorbereiteten Sonnenblumenstengel werden im Pflanzgarten eingegraben. Nach einem Jahr werden die Keimlinge, die sich aus den Samen entwickelt haben, mitsamt dem Stengelrohr auf dem Aufforstungsgebiet in vorbereitete Aushöhlungen gesetzt, die fest mit Erde angefüllt werden. Das Rohr verfault allmählich und bildet Humus.

Bei einem dritten Verfahren zieht man die Keimlinge in Blumentöpfen von 8-10 cm Durchmesser. Nach einem Jahr setzt man die Pflänzchen mit dem Erdballen auf dem Aufforstungsgebiet in vorbereitete Aushöhlungen.

Eine mich sehr überraschende Beobachtung möchte ich nicht unerwähnt lassen: Der hauptsächlich von Oktober bis April vom Adriatischen Meer her wehende Wind, führt so große Salzmengen mit sich, daß an der Küste von Rab bis Senj die Blätter und die Rinde der Bäume von abgelagertem Salz weiß überpudert waren. Die Salzablagerung auf den Bäumen war manchmal bis zu 3 mm dick. Bei Regen wurde das Salz wieder abgewaschen.

Im jugoslavischen Karstaufforstungsgebiet pflanzt man meist Pinus Laricio, Pinus halepensis, Pinus Pinaster, Pinus Pinea, Pinus nigra und Quercus Ilex.

Die Dünen- und Gebirgsaufforstung in Italien.

Mit der Dünenaufforstung bei Grosseto am Tyrrhenischen Meer hat man schon im Jahre 1913 begonnen. Es handelt sich um eine etwa 30 km lange und etwa 20 km breite Flugsandfläche.

Wie in Dänemark pflanzt man auch hier zur Festlegung des Sandes zuerst Psamma arenaria (Strandhafer), bei starker Windgefährdung ebenfalls unter Reisigschutz.

Da hier aber im Herbst und Winter mehr Niederschläge fallen als im Frühjahr und Sommer und auch im Winter die Temperatur selten unter dem Gefrierpunkt liegt, und daher wenig Schnee fällt, wird im Oktober gepflanzt. Nahe dem Strande baut man Pinus Pinaster an, teils wird sie 2-jährig gepflanzt, teils gesät. Zu einer Entscheidung darüber, welche Art der Aufforstung vorteilhafter ist, konnte man noch nicht kommen; denn bald hatte man mit der ersten, bald mit der zweiten Art der Bestandsbegründung den besseren Erfolg. Hinter Pinus Pinaster, also in größerer Entfernung vom Strand, bringt man Pinus Pinea in Mischung mit Pinus Pinaster und noch weiter hinten Robinie, Korkeiche (Quercus Suber), Steineiche (Quercus sessiliflora) und Pinus halepensis ein.

Im Hinterland von Grosseto habe ich Gebirgsaufforstungen besichtigt, die seit etwa 20 Jahren im Gange sind. Die etwa 700 m hohen Vorberge werden mit Weißtanne (Abies alba), Schwarzkiefer (Pinus nigra), Cedrus deodara und Eiche aufgeforstet. In den Apenninen habe ich in über 1700 m Höhe ausgedehnte durch Aufforstung entstandene Waldungen von Rotbuche (Fagus silvatica) und Schwarzkiefer (Pinus nigra) gesehen; sie gedeihen ausgezeichnet, die Bäume sind schon etwa 2-10 m hoch.

Die Aufforstung von Steilhängen im Hochgebirge als Schutz vor Steinschlägen, Murgängen und Bodenabschwemmung erfordert große Kunst und Mühe. Zur Verhinderung von Gesteins- und Bodenabrutschungen müssen zunächst aus Holzpfählen und Reisig, an besonders gefährdeten Stellen aus Steinen und Zement; Wälle errichtet werden, die auf beiden Seiten mit Erlen, Pappeln und Weiden bepflanzt werden. Erst nachdem dieses Schutzholz soweit herangewachsen ist, daß es Gesteins- und Bodenabrutschung hintanhält, kann mit der eigentlichen Aufforstung der Hänge begonnen werden. (In der Schweiz und in der deutschen Ostmark habe ich ähnliche Schutzwaldaufforstungen gesehen).

Auf weniger steilen Hängen wendet man zur Aufforstung folgendes Verfahren an: Die gröberen Steine werden an Ort und Stelle ausgelesen und in wagrechten, übereinander liegenden Reihen angehäuft, sodaß Stufen entstehen. Die zwischen den Steinreihen liegenden wagrecht eingeebneten Flächen, die wegen Entfernung der Steine an Feinerde angereichert sind, werden bepflanzt. Man sagte mir, daß dieses Verfahren für die Aufforstung verkarsteter Gebirge besser sei als andere, weil es die jungen Holzpflanzen sicherer vor Dürreschäden schütze.

Da mir wohl während der ganzen Dauer meiner forstlichen Tätigkeit in meiner Heimat hauptsächlich die Betreuung des Jungwuchses - sei es bei den Großaufforstungen, sei es bei der Pflege des Buschwaldes - obliegen wird, hat mir Professor K r a u s s für meine Doktorarbeit das Thema gestellt, einen Beitrag zur Ökologie von jungen Holzpflanzen und von Waldbodenpflanzen zu liefern.

I.

Untersuchungen über die Verteilung der organischen Stofferzeugung auf Wurzel, Stamm (mit Ästen) und Assimilationsorgane bei jungen Holzpflanzen.

Einleitende Bemerkung:

Die Kenntnis des Gewichtsverhältnisses von Wurzel: oberirdischer Holzmasse: Assimilationsorganen ist sowohl für die Grundlagenforschung als auch für die praktische Forstwirtschaft von Bedeutung. Der Naturwissenschaftler will wissen, welche oberirdische Holz-, bzw. Nadelmasse einer gewissen Wurzelmasse entspricht. Für die Forstwirtschaft lautet die Fragestellung: Welcher Teil der organischen Gesamtproduktion wird in den Wurzeln festgelegt? Die Masse der Wurzeln interessiert deshalb so sehr,

1. weil sie zunächst wohl als der Teil der Holzproduktion gilt, der unserer Nutzung normalerweise entzogen ist,
2. aber, weil andererseits eine große Produktion an Wurzelmasse auf vielen Standorten wesentlich zur Verbesserung des Bodens beiträgt; Holzarten mit reicher, tiefgehender Wurzelentwicklung schließen für andere Holzarten, insbesondere für die Nadelhölzer, oft erst den Weg in die tieferen und mineralisch nachschaffenden Bodenschichten auf.

Der Unterschied, der in dieser Hinsicht zwischen Laub- und Nadelhölzern im allgemeinen besteht, ist bekannt. Wenn man bisher Laub- und Nadelhölzer nach ihrer Gesamtmassenleistung betrachtete, so sah man gewöhnlich nur auf die Festmeterproduktion der oberirdischen Teile. Wenn wir jedoch mit R. Weber, H. Burger u.a. den Unterschied zwischen der oberirdischen Produktion der Laub- und Nadelhölzer nicht mehr raummäßig, sondern gewichtsmäßig erfassen - und die letztere Methode ist, naturwissenschaftlich gesehen, richtiger - dann vermindert sich dieser vermeintliche Leistungsunterschied in der Holzmassenerzeugung schon bedeutend, weil die Laubhölzer durchschnittlich schwerer wiegen. Zieht man weiter die im großen und ganzen viel höhere Produktion an Wurzelmasse bei den Laubhölzern in Betracht, die für manche Standorte zur Gesunderhaltung so außerordentlich wichtig ist, dann erhält man erst eine richtige Vorstellung vom Wert des Laubholzes in der Forstwirtschaft und kommt zu dem Schluß, daß das Laubholz in der Gesamtproduktion an Holzsubstanz dem Nadelholz wohl nur wenig nachsteht.

Diese Beziehungen werden in vielen forstlichen Kreisen schon anerkannt, jedoch fehlen bis jetzt exakte Untersuchungen darüber, die wohl deswegen so

lange nicht in Angriff genommen werden, weil die genaue gewichtmäßige Ermittlung der Wurzelproduktion mit außerordentlich umfangreichen Arbeiten im Gelände verbunden wäre. Auch wir hatten bei dem derzeitigen Arbeitermangel leider nicht die Gelegenheit, so viel Arbeitskräfte einzusetzen, um unsere Untersuchungen an älteren Bäumen vornehmen zu können und beschränkten uns deshalb vorläufig auf jüngere Forstpflanzen, die leichter zu gewinnen waren.

a) Schrifttum:

Zunächst soll ein Überblick über die auf diesem Gebiet vorhandene Literatur und eine auszugsweise Darstellung der in diesem Zusammenhang wichtigen Ergebnisse folgen. Dieser Überblick möchte selbstverständlich keinen Anspruch auf absolute Vollständigkeit erheben, wird aber doch alle wesentlichen, bis jetzt vorhandenen Erkenntnisse erfassen. Dabei wurden auch einige wichtige Untersuchungen aus dem Gebiet der Landwirtschaft herangezogen, die in verschiedenster Richtung wertvolle Aufschlüsse geben.

Auf die Entwicklung der Pflanzen und auf das Gewichtsverhältnis von Wurzeln zu oberirdischen Pflanzenteilen sind die verschiedensten Faktoren von Einfluß. Besonders hervorzuheben sind die Einwirkungen, welche die Pflanzenart, das Alter und die Größe der Pflanzen, die Wärme, das Licht, das Wasser, die Nährstoffversorgung und die Bodenart haben. Unter vorstehenden Gesichtspunkten wollen wir nun einmal die verschiedenen Literaturstellen im einzelnen betrachten. Neben dem Gewichtsverhältnis der verschiedenen Pflanzenteile zueinander interessiert uns dabei selbstverständlich auch die Art der Ausbildung des Wurzelsystems und die Gesamtentwicklung der Pflanze , Erscheinungen, die mit dem Gewichtsverhältnis der einzelnen Pflanzenteile zueinander in engster Beziehung stehen.

Der Einfluß der Pflanzenart

Daß verschiedene Pflanzengattungen und -arten sehr unterschiedliche Anteile an ober- und unterirdischer Stofferzeugung aufweisen, ist allgemein bekannt. Wir wollen deshalb in diesem Zusammenhang darauf verzichten, die einschlägigen Verhältnisse landwirtschaftlicher Kulturpflanzen zu schildern und uns auf Forstpflanzen beschränken.

Die ausführlichsten Untersuchungen über die diesbezüglichen Verhältnisse verdanken wir B u r g e r (15)+). Dieser stellte auf verschiedenen Bodenarten folgende Wurzel-, Stengel- und Nadelanteile fest. Die Zahlen, die wir für unsere Zwecke gedrängt zusammengestellt haben, sind jeweils Durchschnittswerte von 100 Pflanzen in lufttrockenem Zustand. Soweit B u r g e r die Nadelanteile in die Gesamtmasse einbezog, haben wir sie, um einen besseren Vergleich zwischen Laub- und Nadelhölzern zu ermöglichen, auf der Grundlage „Gesamtholzproduktion = 100 %" umgerechnet und in Klammern beigefügt:

+) Verzeichnis des benützten Schrifttums s. Seite

	Alter	Wurzel-	Stengel-	Nadel-
		Anteil		
Kiefer	4	16 - 22 (28 - 45)	27 - 42 (55 - 72)	42 - 51 (72 - 102)
Lärche	4	24 - 34	66 - 76	-
Fichte	6	13 - 19 (24 - 35	36 - 42 (65 - 76)	41 - 49 (70 - 96)
Tanne	4	39 - 47 (53 - 62)	29 - 35 (38 - 47)	20 - 31 (25 - 45)
Buche	4	54 - 70	30 - 46	-
Stieleiche	4	59 - 78	22 - 41	-
Traubeneiche	4	66 - 74	26 - 34	-
Kastanie	4	54 - 62	38 - 47	-

Es zeigt sich also, daß von den Nadelhölzern die Tanne das höchste Wurzelprozent und - abgesehen von der daraufhin hier nicht untersuchten Lärche - auch das geringste Nadelprozent aufweist. Dieses geringe Nadelprozent der 4-jährigen Tanne ist aber noch nicht kennzeichnend, da die Tanne ihre Nadeln durchschnittlich viel länger behält (10--15 Nadeljahrgänge) als die übrigen Nadelhölzer.Ihr hoher Wurzelanteil ist nach B u r g e r auch auf die Kleinheit der Pflanzen mit zurückzuführen. Weiterhin ist deutlich, daß die aufgezählten Laubhölzer sämtliche den Nadelzölzern (vielleicht mit Ausnahme der Tanne) in der Wurzelproduktion überlegen sind. Auffallend ist der geringe Anteil der Fichtenwurzel an der Gesamtproduktion. Zum Teil liegt das wohl auch daran, daß die Fichten älter waren als die Kiefern, wenn auch der gegenseitige Gewichtsunterschied durchschnittlich nicht bedeutsam war.

Außer von B u r g e r liegen von M a r s t a l l e r (9) größere Untersuchungen über den Anteil von Wurzel und oberirdischer Masse bei verschiedenen Forstpflanzen vor. Die Pflanzen wurden auf dem Versuchsgarten Großholz der württembergischen Versuchsanstalt auf Lehmboden gezogen. M a r s t a l l e r erhielt folgende Anteile der Wurzel bei 2-jährigen Pflanzen:

Kie	Lä	Fi	Ta	Bu	StEi	TrEi	BAh	Esche (einjährig)	
13	39	25	45	61	77	75	58	61	%

Gegenüber den B u r g e r 'schen Untersuchungen erscheint der Wurzelanteil der Lärche und Fichte besonders hoch, was sich durch die jüngeren Pflanzen erklärt, der der Kiefer jedoch besonders gering.

B ü h l e r (11) erwähnt, daß nach Untersuchungen von S t e g l i c h (10) an Obstbäumen vom Gesamtholzgewicht auf den Wurzelanteil entfallen:

beim Apfelbaum	Birnbaum	Zwetschenbaum	Kirschbaum	
33	30	30	27	%

Er sagt, daß bei den <u>älteren</u>! Waldbäumen der Anteil des Wurzelholzes eingeschränkt sei, selten 10-15 % überschreite und wohl 20 % nie erreiche. Diesen Unterschied zwischen Waldbäumen und Obstbäumen führt er darauf zurück, daß die einen im Freistand, die andern geschlossen aufwüchsen. Seine Annahme bezüglich der Waldbäume begründet B ü h l e r offenbar mit den Ergebnissen der Stockholzgewinnung. Zweifellos aber bleiben bei der Stockholzrodung große Wurzelmengen im Boden zurück, sodaß diese Art der Errechnung des Wurzelanteiles nicht sehr überzeugend erscheint.

Vielmehr zeigen die Untersuchungen von E. Z e d e r b a u e r (12), die dieser allerdings an jüngeren 15-25 jährigen Fichten ausgeführt hat, daß das Verhältnis des Wurzelgewichts zu dem der oberirdischen Teile auf demselben Boden annähernd immer dasselbe blieb und durchschnittlich bei 1 : 4 lag, was einem Anteil der Wurzel von 20 % entspricht. Z e d e r b a u e r hat vier 15 jährige und zwei 25 jährige Fichten ausgegraben, wobei die 15 jährigen ein Verhältnis von durchschnittlich 1 : 4,8, die 25 jährigen ein solches von 1:3,6 aufwiesen. Wenn auch die Zahlen von Z e d e r b a u e r deswegen nicht ohne weiteres verallgemeinert werden können, weil sie auf einer wenig umfangreichen Grundlage aufgebaut sind, so geben sie doch einen ungefähren Anhalt und lassen vermuten, daß - entgegen der Annahme B ü h l e r s - die wurzelintensiveren Laubhölzer gleichen Alters bedeutend mehr Wurzelmasse haben.

Außer den vorstehend aufgeführten Freilandversuchen liegen sehr aufschlußreiche Topfversuche von N o b b e (6) vor. N o b b e machte Untersuchungen an einjährigen Topfpflanzen, die er „auf nährstoffreichem tertiärem Feinsand" gezogen hatte. Er stellte fest, daß die im ersten Lebensjahre gebildeten Wurzelfasern bei verschiedenen Holzarten eine sehr verschiedene Länge und Oberfläche aufwiesen, und zwar

bei	Tanne	Fichte	Kiefer	
	1 m	2 m	12 m	Länge
	39 qcm	57 qcm	248 qcm	Oberfläche

N o b b e bemerkt dazu: Die bekannte „Genügsamkeit" der Kiefer reduziert sich hiernach auf die Fähigkeit, einen großen Erdkörper auf seine stark verteilten Nährstoffe und Wasser wirksam auszubeuten und dort zu gedeihem, wo die junge Fichte und Tanne einfach verdursten und verhungern muß.

N o b b e macht auch Angaben über die Gewichtsproduktion der vorstehenden drei Holzarten im ersten Lebensjahre. Die absoluten Trockengewichte waren durchschnittlich je Pflanze bei

Fichte	Tanne	Kiefer
0,12 g	0,17 g	0,46 g

Bei Vergleich dieser Zahlen ist zu berücksichtigen, daß die Tanne aus einem unverhältnismäßig größeren Samen hervorgeht als Fichte und Kiefer und somit wohl als die im ersten Jahre produktionsschwächste Holzart angesehen

werden muß, während die einjährige Kiefer eine mehrfach größere Massenproduktion aufweist.

Von der gesamten Stoffproduktion treffen

bei 1-jähriger	Fichte	Tanne	Kiefer	
auf Stamm	10	16	15	
auf Blätter	38	32	36	
auf Wurzeln	52	52	49	Gew. %

Einfluß von Alter bzw. Gewicht der Pflanzen

Es ist eine naheliegende Annahme, daß der Wurzel- und Nadelanteil in der Jugend der Holzpflanzen größer ist als später, wo immer mehr die Masse von Stamm und Ästen in den Vordergrund tritt. Bestätigt wird diese Annahme für die ersten Jugendjahre, wenn wir die vorstehend aufgeführten Untersuchungen N o b b e s denen von M a r s t a l l e r und B u r g e r gegenüberstellen.

Daß der Einfluß des absoluten Gewichtes in der gleichen Richtung geht wie der des Alters, daß also mit steigendem Gewicht der Wurzelanteil abnimmt, finden wir bei B u r g e r (15) angedeutet, wenn er an einer Stelle sagt: „Sowohl das größere Wurzelprozent, als auch das höhere Nadelprozent der Pflanzen auf schlechten Böden läßt sich zum Teil auch durch die kleineren Pflanzen erklären".

Derselbe Autor zeigt bei einer anderen Untersuchung (14), wie das Nadelprozent des oberirdischen Baumteiles bei der Weymouthskiefer mit steigendem Alter sinkt. Es betrug - frisch gewogen -

bei	20-	30-	40-	50-	60-	70-	80-	jähr. Bäumen
	8	5	4	3,4	3	2,8	2,6	%

Daß nun aber das Wurzelgewicht ähnlich stark abnimmt, ist unwahrscheinlich, da die Wurzel mit steigendem Alter neben ihrer Ernährungsaufgabe immer mehr auch die Aufgabe der Festigung des Baumes im Boden übernimmt.

Einfluß der Wärme

Die Wirkung der Temperatur ist noch wenig erforscht.

P. K o s s o w i t s c h (3) züchtete Topfpflanzen des Senfs, des Hafers und des Leins bei verschiedener gleichmäßiger Bodentemperatur und zwar bei 6 bis 8°, bei 12-17° und bei 26-30°. Dabei ergab sich im Durchschnitt bei 12-17° das geringste Wurzelprozent. Der Senf bildete sein größtes Gesamtgewicht bei der höheren Temperatur, der Hafer bei der mittleren und der Lein bei der niedrigeren aus, was aus den natürlichen Standortansprüchen dieser drei landwirtschaftlichen Kulturpflanzen sehr wohl zu erklären ist. Jedoch sind die absoluten Gewichtsunterschiede, die die verschiedene Bodentemperatur zur Folge hatte, nicht sehr groß.

Über den Einfluß des Lichtes auf das Verhältnis der einzelnen Pflanzenorgane zueinander fanden wir keine Untersuchungen vor. W i e d e m a n n (18) stellte an Naturverjüngungs-Kiefern u.a. nur fest, daß die Wurzeln von Schattenpflanzen (gleichlaufend mit der Ausbildung der oberirdischen Teile) schmächtiger waren als die der Kahlschlagpflanzen.

In verschiedenen Arbeiten wurde hingegen wieder untersucht der

Einfluß der Wasserversorgung.

C.v. S e e l h o r s t und N. G e o r g s (2) stellten fest, daß bei Gerste das Verhältnis von Wurzel zu oberirdischer Masse bei ungünstiger Wasserversorgung des Bodens (49 % absolute Feuchtigkeit) 1 : 5,7 bis 8,4, bei günstiger (76 % absolute Feuchtigkeit) 1 : 21,5 bis 29,3 betrug. Beim Hafer sind die gleichen Ausschläge 1 : 5,4 bis 7,4 bzw. 1 : 7,8 bis 16,2. Bei Gerste ergibt sich als Folge besserer Wasserversorgung durchschnittlich eine Steigerung des Anteils an oberirdischer Masse auf das Dreifache, bei Hafer auf das Doppelte. Die Autoren kommen zu der Feststellung, „daß die Wurzel den Mangel an Wasser durch stärkere Entwicklung auszugleichen versucht und weiter, daß gerade durch die stärkere Ausbildung der Wurzeln Nährstoffe festgelegt und somit gewissermaßen der oberirdischen Produktion entzogen werden".

B ü s g e n - M ü n c h (13) erwähnen in ihrem Buch, „Bau und Leben unserer Waldbäume", Oberlandforstmeister M a t t h e s in Eisenach habe gezeigt, daß bei jungen Fichten die Wurzelmasse sowohl an sich als auch im Verhältnis zur oberirdischen Masse im stark bewässerten Boden geringer war als im trockenen.

Die Wirkung verschiedener Nährstoffversorgung.

C.v. S e e l h o r s t und N. G e o r g s (2) fanden, daß die Zufuhr der im Minimum befindlichen Nährstoffe die Entwicklung der oberirdischen und der unterirdischen Substanz in gleicher Weise fördert.

C l a u s e n (4) machte Untersuchungen an reifem Hafer auf Marschboden und bekam einen Wurzelanteil - in Prozenten der oberirdischen Masse ausgedrückt - bei ungedüngtem Boden von 51,5, bei Düngung mit Blausand von 43,9, bei Düngung mit Kalkmergel von 44,9 %.

Weitere Untersuchungen auf Sand und auf Lehmboden zeigten, daß das relative Wurzelgewicht sich bei Zugabe von Stickstoff um die Hälfte und mehr verminderte; auf Marschboden drückte die Stickstoffdüngung das Wurzelgewicht nicht in dem gleichen Maße herab, da dieser Boden an sich schon infolge seines natürlichen Reichtums an Nährstoffen ein verhältnismäßig kleines Wurzelsystem bewirkt. Die Stickstoffdüngung scheint also eine relativ geringe Wurzelausbildung und dabei hohe oberirdische Produktion zu begünstigen.

Topfversuche, bei denen neben Thomasmehl wechselnde Mengen von Kainit gegeben wurden, zeigten an, daß durch Kaligabe der Wurzelanteil im Durchschnitt etwas größer wurde. Außerdem ergab sich, daß kleine Gaben von Kalk das Wurzelgewicht etwas erhöhten. Für Thomasmehl deuten ein paar Zahlen eher auf ein Herabdrücken des Wurzelgewichts. Doch sind bei diesen letzteren Untersuchungen die Ausschläge nicht regelmäßig und das Zahlenmaterial viel zu gering, als daß man diese schwachen Ergebnisse verallgemeinern dürfte.

Bezüglich der Stickstoffwirkung kam A. V o l k (5) zu ähnlichen Ergebnissen. Er fand bei Topfversuchen rein gewichtsmäßig große, durch die Ernährung bedingte Unterschiede in dem Verhältnis von Wurzel zu Sproß bei Untersuchungen an der Rebe; die beste Gesamtentwicklung zweijähriger Reben fand bei Stickstoff-Überschuß statt, dann folgten Phosphor-Überschuß und Kali-Überschuß; das Verhältnis von Wurzelmasse zu oberirdischer Masse war dabei 1 : 4.56, 1 : 4.10, 1 : 4.18. Bei siebenjährigen Reben hatten sich diese Verhältnisse jedoch insofern durchgehend geändert, als Stickstoff-Überschuß nur mehr die halbe Masse an oberirdischer Substanz lieferte im Vergleich zu Phosphor- und Kali-Überschuß. Jedoch bewirkte Stickstoff-Überschuß immer noch den geringsten Anteil an Wurzelmasse mit einem Verhältnis von 1 : 5,10 gegen 1 : 3,66 bei Phosphor- und 1 : 3,52 bei Kali-Überschuß. Im späteren Alter trat bei N- Überschuß ein Absterben der alten Wurzeln ein, dem nur eine mangelhafte Wurzelneubildung gegenüberstand. Inwieweit diese Ergebnisse von der Rebe auch auf andere Holzpflanzen übertragen werden können, ist recht fraglich und für uns Forstleute ohne Bedeutung, da eine Überdüngung unserer Forstpflanzen mit N praktisch nicht in Frage kommt.

Forstlich bedeutsam in dieser Richtung sind vor allem wieder die Untersuchungen B u r g e r s (15). Da sie sich in der Hauptsache mit dem Einfluß der Bodenarten befassen, sind sie im nächsten Abschnitt ausführlicher beschrieben. Sie zeigen, daß bei Fichte die mittlere Höhe der Pflanzen bei gleichem Alter fast genau mit abnehmendem Stickstoffgehalt zurückgeht. Legt man bei Kiefer als Maßstab das Gesamtgewicht der Pflanzen zugrunde, so ergibt sich, daß dieses mit dem Stickstoff- und Phosphorsäureanteil im Boden steigt, nach B u r g e r ein Beweis, „daß die Föhre auch eine kräftige Kost liebt, wenn sie sie bekommen kann". Bei der Buche ließ sich kein direkter Zusammenhang zwischen den chemischen Eigenschaften des Bodens und dem Wachstum der jungen Holzpflanzen erkennen mit Ausnahme der Tatsache, daß sie „etwas kalkreiche Böden liebt, wenn ihr die anderen chemischen und physikalischen Eigenschaften sonst zusagen".

F. S c h w a r z (8) untersuchte einjährige Kiefern, die er in Glaszylindern auf sterilem Sand ohne bezw. mit Nährsalzlösungen bei sonst gleichem Feuchtigkeitsgehalt des Bodens zog (die Lösung enthielt auf 200 ccm 3,2 Gramm salpetersauren Kalk, 0,8 Gramm salpetersaures Kali, 0,8 Gramm saures phos-

phorsaures Kali und 1,6 Gramm schwefelsaure Magnesia). Die Wurzel hatte dabei folgenden Anteil am Gesamtgewicht der Pflanze:

bei	0 g	0,3 g	3 g Salzen
	52 %	38 %	20 %

„Das größte Gesamtgewicht erreichten die Pflanzen bei mittlerem Salzgehalt, indem sich hier sowohl Wurzeln als auch Laubsproß günstig entwickelten, während bei stärkerem Zusatz von mineralischen Bestandteilen sich zwar der Laubsproß auch etwas stärker entwickelte, dafür aber das Wurzelsystem sehr stark zurück blieb".

Wenn L u n d e g a r d h(16) sagt, daß im allgemeinen Nährstoffreichtum im Boden die Entwicklung des Wurzelsystems zu befördern scheint, so ist demnach diese Formulierung insofern nicht glücklich, als durch Nährstoffreichtum im Boden in den meisten Fällen die Produktion an oberirdischer Masse viel stärker zunimmt als die Produktion an Wurzelmasse.

Wirkung der Bodenart

Die schon mehrmals zitierte Arbeit B u r g e r s (15) behandelt als Hauptthema den Einfluß der Bodenart auf das Wachstum junger Holzpflanzen und auch auf das Verhältnis von Wurzel zu Stengel und zu Assimilationsorganen. Es stand ihm dazu ein Versuchsgarten (Adlisberg) zur Verfügung, in dem die wichtigsten schweizerischen Bodenarten in Beeten von je 25 qm und in einer Aufschüttung von 60 bis 70 cm Tiefe zusammengetragen waren. Da er die verschiedensten Bodenarten unter sonst absolut vergleichbaren Verhältnissen beisammen hatte, mußte sich der Einfluß der Bodenart an den Ergebnissen deutlich zeigen. Die von B u r g e r für die Hauptholzarten Fichte, Kiefer und Buche gefundenen Ergebnisse wollen wir unter dem Gesichtswinkel unseres Themas betrachten. Folgende Zusammenstellung zeigt jeweils in der ersten Spalte die Bodenarten geordnet nach einer fallenden Reihe ihrer Leistung an organischer Gesamtproduktion, in der zweiten Spalte geordnet nach einer steigenden Reihe des Wurzelanteils; Trennungslinien zwischen zwei Bodenarten sollen darauf hinweisen, daß hier besonders große Zahlenunterschiede vorliegen.

F i c h t e 6-jährig

Gesamtgewicht	Wurzelanteil
1. Humus	1. Jurakalk
2. Lehm	2. Lehm
3. Kreidekalk	3. Humus
4. Bündnerschiefer	4. Gneis
5. Jurakalk	5. Flysch
6. Gneis	6. Kreidekalk
7. Verrucano	7. Verrucano
8. Flysch	8. Bündnerschiefer

K i e f e r 4-jährig.

Gesamtgewicht	Wurzelanteil
1. Kreidekalk	1. Kreidekalk
2. Lehm	2. Jurakalk
3. Gneis	3. Lehm
4. Verrucano	4. Humus
5. Humus	5. Gneis
6. Jurakalk	6. Verrucano
7. Flysch	
8. Bündnerschiefer	7. Flysch
9. Sand	8. Bündnerschiefer
	9. Sand

B u c h e 4-jährig.

Gesamtgewicht	Wurzelanteil
1. Lehm	1. Humus
2. Kreidekalk	2. Lehm
3. Gneis	3. Kreidekalk
4. Sand	4. Sand
5. Humus	5. Gneis
6. Verrucano	6. Verrucano
7. Bündnerschiefer	7. Bündnerschiefer
8. Jurakalk	8. Jurakalk
9. Flysch	9. Flysch

Besehen wir uns die nebeneinanderstehenden Reihen unter dem Gesichtspunkt, daß

1. der der Holzart günstige Boden das größte Pflanzengewicht hervorbringt und
2. daß theoretisch der Wurzelanteil mit der Ungunst des Bodens steigt,

so ergibt sich bei Fichte, daß zwar Humus(basisch gesättigt) und Lehm(Moränenverwitterungslehm) u.a. in beiden Reihen an der Spitze der günstigen Böden stehen und daß Verrucano mit am Ende der Reihen kommt, dazwischen aber mancherlei Verschiebungen stattfinden.Die Zusammenhänge zwischen Gesamtproduktion und Wurzelanteil erscheinen also bei Fichte nicht eindeutig.

Bedeutend klarere Beziehungen ergeben sich bei Kiefer. Eine besondere Ausnahme bildet hier - wie auch schon bei der Fichte - der Jurakalk, bei dem die Wurzelentwicklung sehr gering ist, sodaß man auf einen den beiden Holzarten sehr günstigen Standort und damit auf eine entsprechend höhere Gesamtproduktion schließen könnte, eine Erwartung, die in Wirklichkeit nicht erfüllt wird.

Dabei ist zu bemerken, daß der von B u r g e r untersuchte Jurakalk unter den 9 Bodenarten in Bezug auf den CaO Gehalt (rd. 8 %) erst an 5. Stelle steht.

Bei der Buche laufen die beiden Reihen fast vollkommen parallel. Hervorstechend ist das abnorm geringe Wurzelprozent im Humus, wo wahrscheinlich ein Fehler durch Mäusefraß vorliegt. Auffallend ist weiter, daß der Sand (mit 13 % Abschlämmbarem, allerdings reich an CaO und sonstigen Mineralstoffen) noch zu den besseren Buchenböden gehört, und Flysch (wohl wegen seiner physikalisch

ungünstigen Eigenschaften) so besonders stark abfällt.

Die Untersuchungen zeigen deutlich, daß im allgemeinen der Anteil der Wurzeln in Prozenten des Trockengewichts der Pflanzen auf ungünstigen Böden bedeutend größer ist als auf günstigen.

Weiter weist B u r g e r darauf hin, daß das Nadelprozent bei Fichte, Tanne, Föhre auf für die betreffende Holzart günstigen Böden kleiner ist als auf ungünstigen; das lasse sich zum Teil durch die kleineren Pflanzen erklären, deute aber auch an, daß wahrscheinlich bei schwierigerer Ernährung auch der Assimilationsapparat nicht so intensiv arbeitet.

b) E i g e n e U n t e r s u c h u n g e n

Vorbemerkung:

Angeregt durch die vorstehenden Untersuchungen, die sich meist auf streng vergleichbaren Unterlagen bewegen, untersuchten wir bei unserer Arbeit unter anderem auch die Einflüsse verschiedener S t a n d o r t e auf das Wachstum der Forstpflanzen und das Gewichtsverhältnis der einzelnen Pflanzenorgane zueinander. Wir waren uns über die Schwierigkeiten solcher Untersuchungen klar, bei denen sich viele Faktoren leichzeiti ändern und die Ergebnisse oft nur schwer den vorwiegend maßgebenden Einfluß erkennen lassen. Nichtsdestoweniger erschien es uns sehr wissenswert, wie sich denn einerseits in verschiedenen Pflanzgärten mit ganz verschiedenem Boden und verschiedenen klimatischen Bedingungen und andererseits auf stark verschiedenen Standorten mit natürlicher Verjüngung die Verhältnisse gestalten. In größerem Umfang untersuchten wir dabei die Hauptholzarten Fichte und Kiefer; von geringerem Umfang sind unsere Zahlen über Buche und Tanne; bei Lärche und den übrigen Laubhölzern mußten wir uns mit noch weniger Material zufrieden geben.

Bei den natürlich vorkommenden individuellen Unterschieden der einzelnen Pflanzen und auch der Mikrostandorte wurde uns bald klar, daß man nur mit Untersuchung von großen Pflanzenmengen zu einigermaßen guten Ergebnissen kommen kann. Außerdem mußten zu vergleichenden Untersuchungen über das Verhalten der Pflanzen nach verschiedenem Alter, verschiedenem Gewicht, verschiedener Holzart usw. auch in sich vergleichbare Standorte herangezogen werden, wie sie mehr oder weniger in vielen Pflanzgärten vorliegen. Hier wurden die Verhältnisse unter gleichen Bedingungen besonders verfolgt, ähnlich wie B u r g e r und M a r s t a l l e r dies getan haben. Dann konnten durch Vergleiche der Pflanzgärten verschiedener Standorte miteinander die standörtlich bedingten Unterschiede studiert werden; aufbauend auf diesen Pflanzgarten-Ergebnissen erfolgte die Auswertung der Untersuchungen an natürlichen Verjüngungen.

Untersuchungen in Pflanzgärten sind verhältnismäßig einfach durchzuführen. Es werden möglichst vergleichbare bzw. klar verschiedenartige Beete mit den verschiedenen gewünschten Holzarten und Altersabstufungen ausgesucht und überall eine größere Pflanzenzahl entnommen. Das Ausgraben ist infolge des geschulten Personals und des meist lockeren Bodens bei Aufwendung einiger Sorgfalt ziemlich leicht. In Sandböden können die Wurzeln fast ohne Verluste, in schwereren Böden mit gewichtsmäßig unbedeutenden Abgängen an Feinwurzeln gewonnen werden. Das Alter der Pflanzen und ihre Vorgeschichte (Düngung , Zeitpunkt der Verschulung, Abstammung usw.) ist bekannt. Die Wurzeln der Pflanzen werden durch Waschen vom anhaftenden Erdreich befreit, dann erfolgt die Trennung des oberirdischen Teils von der Wurzel. Diese Grenze zwischen Wurzel und Stamm ist dabei oft nicht leicht zu finden. Schon bei Sämlingen aus Pflanzgärten treten Schwierigkeiten auf. Manchmal zeigt sich z.B. unterhalb des 1. Astquirls ein wulstförmiger Ring; dieser ist keineswegs eine derartige Grenze, sondern stellt die ehemalige Ansatzstelle der Kotyledonen dar, wie uns Prof. Münch erklärte. Die Grenze zwischen oberirdischem Teil und Wurzel nahmen wir jeweils oberhalb der 1. Wurzel dort an, wo die hellere Farbe des unterirdischen Teils in die dunklere des oberirdischen überging. Größere Schwierigkeiten bereiteten in dieser Beziehung noch die Verschulpflanzen, die beim Verschulen oft tiefer oder höher gesetzt werden, als ihrer bisherigen Entwicklung entspricht, sodaß entweder alte Wurzeln vertrocknen und absterben oder im zweiten Falle bei manchen Arten wohl auch neue oberhalb der ehemaligen Wurzelansatzstelle gebildet werden. Ähnliche Erscheinungen zeigen sich auch an vielen Naturverjüngungspflanzen, wenn z.B. neben dem Stämmchen ein Moospolster emporwächst; auch hier entstehen dann manchmal am Stamm Adventivwurzeln. In all diesen Fällen mußte die Trennung nach bestem Wissen gutachtlich erfolgen.

Die Pflanzen läßt man anschließend bei Zimmertemperatur trocknen, was etwa 14 Tage dauert. Die Nadeln der Fichte fallen dann größtenteils von selbst ab und die der Kiefer und Lärche lassen sich leicht abstreifen; bei Tanne allerdings müssen sie einzeln abgezupft werden. Hierauf werden Wurzel, oberirdischer Holzteil und Nadeln besonders gewogen und daraus die verschiedenen wissenswerten Zahlen errechnet.

Bei den Naturverjüngungspflanzen begegnen wir viel größeren Schwierigkeiten:

Schon bei der Auswahl der Pflanzen muß man darauf achten, ob nicht etwa Wildverbiß festzustellen ist. Pflanzen, die sichtliche Wildverbißspuren erkennen lassen, müssen selbstverständlich von der Untersuchung ausgeschlossen werden. Kleinere und ältere Verbißschäden, die sich nicht mehr ohne weiteres feststellen lassen,müssen in Kauf genommen werden; dabei kann man jedoch an-

nehmen, daß sie mehr oder weniger auf allen Untersuchungsorten auftreten und deshalb die Vergleichsmöglichkeiten zwischen den verschiedenen Standorten nicht wesentlich stören.

Das Ausgraben der meist weitlaufenden und verzweigten Wurzeln aus einem mehr oder weniger verdichteten und von anderen Wurzeln stark durchzogenen Boden bereitet ziemliche Mühe und kostet viel Zeit. Außerdem muß jeder einzelne Standort ganz genau aufgenommen und beschrieben werden, auch müssen die Lichtverhältnisse geschätzt oder mit einem der üblichen Belichtungsmesser annähernd bestimmt werden. Späterhin wird jede einzelne Pflanze durch Jahrringzählung auf ihr Alter untersucht. So steckt in diesem Teil ein unverhältnismäßig großer Arbeitsaufwand. Die umfangreichen Zahlenzusammenstellungen können der Druckkosten halber nicht vervielfältigt werden; vielmehr wurden nachträglich die im einzelnen ausgerechneten Ergebnisse derart zusammengefaßt, daß bei den Naturverjüngungspflanzen Altersgruppen mit einem errechneten Durchschnittsalter gebildet wurden. Erst durch diese gruppenweise Zusammenfassung wurde eine graphische Darstellung der Ergebnisse ermöglicht.

Damit das Gewichts-Verhältnis von Wurzel zu oberirdischem Holzteil und zu Assimilationsorganen ganz vergleichbar bliebe, wäre es notwendig, die Pflanzen möglichst nach Abschluß des Höhenwachstums, der Verholzung und des Wurzelwachstums zu entnehmen. Nun wissen wir aber aus Untersuchungen von E n g l e r(19), daß die Laubholzwurzeln vom Frühjahr bis zum Spätsommer und dann nach einer gewissen Ruhezeit im August und September bei milder Witterung noch spät bis in den Winter hinein wachsen, während die Nadelhölzer im Wurzelwachstum während der kalten Jahreszeit eine längere Ruhepause aufweisen. Im allgemeinen beginnt das Wurzelwachstum früher und endigt später als das der oberirdischen Teile. Es ist durchaus denkbar, ja sogar wahrscheinlich, daß während der Vegetationszeit damit auch Verschiebungen im Gewichtsverhältnis von Wurzel zu Stengel eintreten; stärkere Veränderungen ergeben sich dabei selbstverständlich im Gewichtsverhältnis der Assimilationsorgane zur Holzmasse; man denke nur an die nicht immergrünen Holzpflanzen. Inwieweit solche Substanzverschiebungen im Laufe eines Jahres bei den verschiedenen Holzarten auftreten, wäre ein reizvolles Thema für spätere Untersuchungen. Jedenfalls fallen die so bedingten Unterschiede im Verhältnis von Wurzel zu Stamm umso weniger ins Gewicht, je älter und größer die Pflanzen sind. Wahrscheinlich wird aber dieses Verhältnis dadurch überhaupt nicht so wesentlich beeinflußt (siehe unsere Feststellung bei Naturverjüngungsbuchen), als daß der viel entscheidendere Einfluß anderer Faktoren dadurch verdeckt werden könnte.

Wir haben die Pflanzgartenpflanzen am Ende des Herbstes entnommen. Bei den Naturverjüngungspflanzen ließ sich die Ausgrabung nicht auf eine so kurze Zeit zusammendrängen; die einzelnen Entnahmezeiten sind in der Standortsbeschreibung angegeben.

Der direkte Vergleich zwischen Nadelhölzern und Laubhölzern ist bei B u r g e r dadurch erschwert, daß er bei den Nadelhölzern die Nadeln in die Untersuchungen miteinbezieht, aber bei den Laubhölzern die Laubmasse wegläßt. Im ersteren Fall drückt er den Wurzelanteil aus im Verhältnis zur Gesamtmasse einschließlich der Nadeln, im letzteren im Verhältnis zur Gesamtmasse ohne Assimilationsorgane. Selbstverständlich wird dadurch der Wurzelanteil im zweiten Falle relativ höher. Wir haben bei unseren Untersuchungen das Verhältnis der verschiedenen Pflanzenteile zueinander zunächst so dargestellt, daß wir die Wurzelmasse = 1 setzten. Dieses Verfahren, was wir auch in der Literatur sehr häufig angewandt finden, entspricht der naturwissenschaftlichen Fragestellung: Wieviel oberirdische Substanz entspricht einer gewissen Wurzelmasse: Außerdem liegt diese Art der Darstellung demjenigen, der sich mit bodenkundlichen Untersuchungen befaßt, mehr, da ja die Wurzel die Ernährungsgrundlage für die Pflanze darstellt. Daneben haben wir auch die prozentische Darstellungsweise angewendet, um die Frage zu beantworten, wie sich die Gesamtholzproduktion auf Wurzel und Stamm + Äste verteilt und um zu sehen, wie sich das Gewicht der Assimilationsorgane zum Gesamtholzgewicht verhält. Durch diese letzte Darstellungsart bekommen wir auch ein anschauliches Bild von der Entwicklungsrichtung des Anteils der Assimilationsorgane und - davon getrennt - des Wurzelanteils.

Eine weitere Aufgabe war es, die gewonnenen Zahlen graphisch darzustellen und damit die Ergebnisse rasch lesbar zu machen. Wir möchten dabei auf e i n e der benützten Darstellungsarten besonders hinweisen: Da uns neben dem Gewichtsverhältnis der einzelnen Pflanzenteile zueinander vor allem auch die Gesamtproduktion an Holzmasse interessiert und beide Größen sich gegenseitig stark beeinflussen, lag der Gedanke nahe, beides zusammen graphisch aufzutragen. Nun zeigten aber die absoluten Gewichte der Holzpflanzen derart große Unterschiede, daß sie linear wegen Platzmangels nicht zu zeichnen waren. Wir stellten deshalb das verschiedene Gewicht der Pflanzen flächenmäßig dar und zwar in Form des Kreises. Die Fläche des Kreises entspricht jeweils dem Gewicht von Wurzel und Stamm + Ästen. Der Wurzelanteil ist in diesem Kreis als Sektor so dargestellt, daß der linke Schenkel des Sektors wagrecht bleibt, und der rechte sich gegen den Uhrzeigersinn dreht. Auf diese Weise kann man jede Veränderung des Wurzelanteils an der Winkeländerung leicht erkennen. Soweit wir die Assimilationsorgane besonders gewogen haben, wurden sie zum Gewicht der gesamten Holzmasse (= Kreisfläche) in der Weise in Beziehung gesetzt, daß ihre Masse als Winkel durch einen konzentrischen Kreisbogen um die ursprüngliche Kreisfläche angezeichnet wurde. So wird die Darstellung der Nadelhölzer mit der der Laubhölzer direkt vergleichbar und der Anteil der Assimilationsorgane kann nach Bedarf zusätzlich angezeichnet oder weggelassen werden. Diese Trennung ist schon deshalb zweckmäßig, weil das Gewicht von Wurzel und Stamm eine verhältnismäßig feste Bezugsgröße ist,

während bei der Nadel =(Laub=) Masse Forstinsekten und Pilze und die Witterungseinflüsse klimatisch verschiedener Jahre (Frost, Trockenheit, Hagel) mehr oder weniger starke Abgänge verursachen und auch beim Transport der Pflanzen u.U. Verluste eintreten können.

A. Untersuchungen an Pflanzen aus Pflanzgärten.

Als Untersuchungsorte wählten wir drei Großpflanzgärten mit möglichst unterschiedlichen Standortsverhältnissen und zwar Laufen mit 1200 mm Jahresniederschlägen und einem kräftigen, braunen, lehmigen Moränenverwitterungsboden, Kaisheim mit 600 mm Niederschlägern und einem grauen, feinlehmigen, zur Verdichtung neigenden Albüberdeckungsboden und Nürnberg mit 600 mm Niederschlägen und einem reinen Grobsandboden, der durch Zufuhr von kompostierter Torferde stark humos ist. Wenn man die natürlichen Gegebenheiten betrachtet, handelt es sich bei Laufen um einen günstigen Fichten- und Mischwaldstandort, bei Nürnberg um einen Kiefernstandort, während auf dem pysikalisch ungünstigen Boden in Kaisheim neben Fichte vor allem Laubhölzer standortsgemäß sind.

1. Beschreibung der Standortsverhältnisse der drei Pflanzengärten.

P f l a n z g a r t e n L a u f e n .

Lage: Der Pflanzgarten liegt in 410 m Meereshöhe, 4 km vom Bahnhof Laufen entfernt, und zwar im Moränengebiet. Er fällt in drei großen Terrassen nach Norden zur Salzach ab. Seine Fläche beträgt 34 ha.

Klima: Die Klimadaten - entnommen aus dem Beilagenband der „Forstverwaltung Bayerns" - sind Mittelwerte aus 25-jährigen Beobachtungen. Darnach betragen die Jahresniederschläge in Laufen 1200 mm, die Niederschläge während der forstlichen Vegetationszeit 550 mm. Die Jahresmitteltemperatur ist 7,2°, die Mitteltemperatur der forstlichen Vegetationszeit 15.5°.

Boden: Der Boden ist ein brauner Moränenverwitterungslehm mit wechselnder Kiesbeimengung. Der beigemengte Kies hat in den oberen 60 cm meistens wenig Kalksteine.

P f l a n z g a r t e n K a i s h e i m .

Lage: Der Forstpflanzgarten Kaisheim liegt ca. 50 m über dem gleichnamigen Orte am Rande einer schwachgeneigten Jurahochfläche in 500 m Meereshöhe. Er ist teils eben, teils sehr sanft nach Süden geneigt. Bei der vorbeschriebenen Lage ist er der Sonne und den Winden besonders stark ausgesetzt.

Klima: Im Jahresdurchschnitt fallen 620 mm, im Durchschnitt der forstlichen Vegetationszeit 330 mm Niederschläge. Die Durchschnittstemperatur im Jahre beträgt 7,5°, in den Monaten Mai mit August 15°.

Boden: Der Boden ist ein bräunlich- bis blaugrauer Feinlehm mit schwachem Reduktions- und Rostflecken, der in 30 bis 50 cm Tiefe von einem schweren Letten unterlagert wird. Bei 1-1,5 m Tiefe wird der Boden kalkhaltig oder es tritt wenigstens eine kleine Beimischung von Kalksteinchen auf. Im allgemeinen ist der Boden kalt, neigt zur Verdichtung; eine künstliche Auflockerung durch Humusbeigabe hat bis jetzt nicht stattgefunden. Die wasserhaltende Kraft ist groß, im Winter besteht die Gefahr des Ausfrierens, im Sommer jedoch infolge der exponierten Lage und der geringen Gesamtniederschläge die Gefahr der Austrocknung. Der Unkrautwuchs (vor allem Sauerampfer, teilweise auch Binsen) ist ziemlich stark.

P f l a n z g a r t e n N ü r n b e r g.

Lage: Der Garten liegt 7 km östlich von Nürnberg, 3 km nordöstlich des Dutzenteiches in einer Höhe von ca. 320 m in der Nürnberger Sandebene und ist selbst ebenfalls vollkommen eben.

Klima: Die Jahresniederschläge betragen 600 mm, die Niederschläge der Monate Mai mit August 300 mm. Die Jahresmitteltemperatur liegt bei 8°, die Durchschnittstemperatur der forstlichen Vegetationszeit bei 16°.

Boden: Der Boden ist ein an sich armer Grobsand, der in der Umgebung des Pflanzgartens fast nur reine Kiefern mäßiger Bonität trägt. Im Garten wurde der Boden dadurch durchgreifend verbessert, daß ihm reichlich kompostierte Torferde beigemischt wurde. Auch genießt er den Vorteil, daß in wirksamer Tiefe das Grundwasser ansteht.

2. Besprechung der Untersuchungsergebnisse.

Zunächst wollen wir die graphischen Darstellungen+) einer näheren Betrachtung unterziehen. Diese Graphiken geben jeweils einen Durchschnitt aus einer größeren Anzahl von Pflanzen. Die Pflanzenzahl, aus der die Mittelwerte errechnet wurden, ist jeweils angegeben. Außerdem sind noch andere wichtige Zahlen in die Darstellung eingeschrieben und zwar Angaben über das Pflanzenalter, über das Durchschnittsgewicht der Holzmasse der Pflanzen und über das Gewichtsverhältnis von Wurzel zu oberirdischen Holzteilen zu Assimilationsorganen. Die Sämlinge sind von den verschulten Pflanzen durch einen senkrechten Strich getrennt.

+) zunächst Tafel 1

1) F i c h t e .

Bei der Fichte haben wir sowohl in den Pflanzgärten als auch in den Naturverjüngungen die meisten Untersuchungen vorgenommen, weil diese Holzart hier im südlichen Bayern mit Abstand die wichtigste und verbreitetste ist und daher auch die meisten Untersuchungsmöglichkeiten bot.

Zunächst soll das Verhältnis von Wurzel zu Stamm bei den Fichten verschiedenen Alters aus den drei Pflanzgärten verglichen werden (siehe auch Tafel 6, 6a, 7, 7a). Dabei tritt deutlich in Erscheinung, daß im ersten Jahre die Wurzel immer schwerer ist als die oberirdische Holsmasse, auf die Wurzelmasse treffen in diesem Alter 60-67 % der Gesamtholzproduktion. Mit steigendem Alter sinkt der Anteil der Wurzelmasse sichtlich: bei den 5-jährigen Pflanzen in Laufen bis auf 33 %, bei den 6-jährigen in Nürnberg auf 34 % und bei den 5-jährigen in Kaishaim auf 39 % der Gesamtholzproduktion. Es zeigt sich also bei unseren Untersuchungen deutlich, daß zunächst im ersten Jahre die Pflanze ihre Hauptenergie auf die Ausbildung des Wurzelsystems verwendet, offensichtlich um erst einmal ihre Ernährungsgrundlage kräftig auszubilden, und daß sich erst allmählich das Gewichtsverhältnis zugunsten der oberirdischen Masse verschiebt.

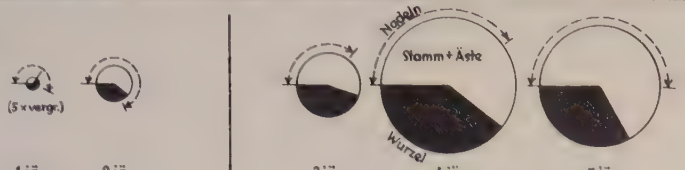
Bei einem Vergleich der ältesten Sämlinge mit den jüngsten Verschulpflanzen ergibt sich in Nürnberg und Laufen eine auffallende Feststellung: Die Verschulpflanzen zeigen zunächst einen Rückschlag in der vorhin dargestellten Entwicklung, indem der Anteil der Wurzelmasse bei den jungen Verschulpflanzen wesentlich größer ist als bei gleichaltrigen Sämlingen. Diese Erscheinung ist leicht zu erklären: während die Sämlinge ihre Entwicklung ungestört fortsetzen können, erleiden die Verschulpflanzen bei der Umpflanzung verschiedene unvermeidbare Srörungen:

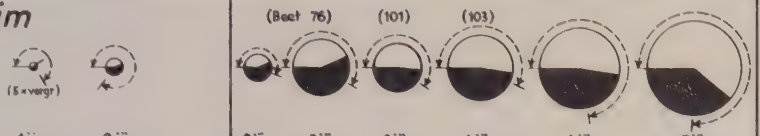
1.) wird bei der Verschulung ihr Wurzelwerk verletzt; +)

2. sind die alten Wurzeln nach der Verschulung offensichtlich viel weniger leistungsfähig, weil sie im neuen Boden nicht mehr gleichmäßig und natürlich zu liegen kommen++) und weil beim Verschulen da und dort um die Wurzeln herum Hohlräume entstehen;

+) an den Wundstellen entsteht ein wulstartiges Wundgewebe; wie neuerdings R. Hoffmann (20) nachgewiesen hat, entstehen zwar aus diesem Wundgewebe bei der Verpflanzung nur selten neue Wurzeln, jedoch werden hart oberhalb der Wundstelle eine oder auch mehrere Seitenwurzeln in ihrem Wachstum wesentlich gefördert; bei Fichte und Kiefer ist diese Förderung so stark, daß sich das Längenwachstum dieser Seitenwurzeln gegenüber den anderen verdoppelt.

++)den Einfluß von Lageänderungen auf die Wurzeltracht hat wiederum Hoffmann (20) experimentell untersucht und gezeigt, daß bei der Fichte „die kleinste Verlagerung der Hauptwurzel genügt, um sie vollständig im Wachstum zu hemmen und eine oder mehrere Seitenwurzeln derart erstarken zu lassen, daß durch diese der weitere Aufbau der Wurzeltracht bestimmt wird."





	Sämlinge **Fichte**		Verschulte Pflanzen			Sämlinge **Kiefer**		Verschulte Pflanzen			**Lärche** verschult	**Tanne** verschult
Laufen	(5 × vergr.)		Nadeln, Stamm + Äste, Wurzel									
1. Alter:	1 jä	2 jä	3 jä	4 jä	5 jä	1 jä	2 jä	3 jä			3 jä	4 ja
2. Gewicht (gr):	0,03	1,3	3,8	17,2	13,5	0,12	0,74	10,5			18,8	4,6
3a. Verh. Zahl:	1 : 0,5 : 0,8	1 : 1,5 : 1,8	1 : 1,2 : 0,8	1 : 1,5 : 1,0	1 : 2,0 : 1,5	1 : 0,8 : 1,2	1 : 1,0 : 2,2	1 : 2,2 : 3,0			1 : 2,1	1 : 0,9 : 0,6
b. Verh. %:	67 : 33 : 58	40 : 60 : 69	45 : 55 : 37	40 : 60 : 40	33 : 67 : 50	54 : 46 : 64	48 : 52 : 109	32 : 68 : 94			32 : 68	53 : 47 : 32
4. Zahl d. Pfl.	200	55	32	38	22	45	36	40			20	39
Kaisheim	(5 × vergr.)		(Beet 76)	(101)	(103)							
1. Alter:	1 jä	2 jä	2 jä	3 jä	3 jä	3 jä	4 jä	5 jä	1 jä	1 jä	3 jä	3 jä	
2. Gewicht (gr):	0,02	0,30	0,64	2,8	2,3	4,0	5,8	8,4	0,09	0,07	2,5	2,6	
3a. Verh. Zahl:	1 : 0,7 : 1,1	1 : 0,8 1,5	1 : 0,8 : 1,0	1 : 0,8 : 1,0	1 : 1,1 : 1,2	1 : 1,1 : 1,2	1 : 1,1 : 1,5	1 : 1,5 : 1,9	1 : 0,7 : 2,1	1 : 0,9 : 2,9	1 : 1,1 : 2,5	1 : 2,1	
b. Verh. %:	60 : 40 : 65	56 : 44 : 86	56 : 44 : 56	57 : 43 : 58	48 : 52 : 59	48 : 52 : 58	48 : 52 : 73	39 : 61 : 76	60 : 40 : 153	54 : 46 : 125	49 : 51 : 120	32 : 68	
4. Zahl d. Pfl.	175	100	43	46	47	36	38	46	106	102	64	26	
Nürnberg	(5 × vergr.)												
1. Alter:	1 jä	2 jä	3 jä	3 jä	4 jä	6 jä	1 jä	2 jä	2 jä	3 jä	3 jä	
2. Gewicht (gr):	0,02	0,27	1,7	2,9	6,0	30,6	0,23	0,43	0,44	7,6	12,0	
3a Verh. Zahl:	1 : 0,7 : 0,9	1 : 0,9 : 1,2	1 : 1,1 : 1,4	1 : 0,9 : 1,1	1 : 1,4 : 1,4	1 : 1,9 : 1,4	1 : 1,0 : 2,5	1 : 1,2 : 2,9	1 : 0,8 : 1,8	1 : 2,5 : 3,2	1 : 2,4	
b. Verh. %:	61 : 39 : 50	54 : 46 : 66	48 : 52 : 67	53 : 47 : 60	41 : 59 : 56	34 : 66 : 49	50 : 50 : 127	46 : 54 : 136	57 : 43 : 108	29 : 71 : 96	29 : 71	
4. Zahl d. Pfl.	72	75	45	48	47	22	66	90	40	40	19	

Forstökolog. Untersuchg. Götz, Chen 1938/39
Münchener Inst. f. Bodenkunde u. Standortslehre

Durchschnittsgewicht und **Gewichtsverhältnis** von Wurzel : oberird. Holzmasse : Nadeln in **Pflanzgärten**

Tafel 1

3.) reißt bei der Verschulung ein Großteil jener feinsten Würzelchen ab, die bekanntlich in der Hauptsache die Nährstoffaufnahme bewerkstelligen.

Die verschulte Pflanze muß also zunächst erst einmal das Wurzelsystem ausheilen und durch starke Verlängerung und Verästelung der verbliebenen Wurzeln leistungsfähig gestalten, bevor sie ihre Hauptenergie wieder der oberirdischen Produktion zuwenden kann.

Abgesehen von der Entwicklungsunterbrechung, die durch die Verschulung eintritt, zeigt uns die Reihe von Laufen wie die von Nürnberg eine absolute Regelmäßigkeit in der anteilmäßigen Zunahme der oberirdischen Teile mit dem Alter. Die 2-jährigen Sämlinge von Laufen sind deswegen so besonders kräftig, weil sie ausgesuchte Pflanzen darstellen und auf besonders gutem Boden stehen. Daß die 4-jährigen Pflanzen in Laufen schwerer sind als die 5-jährigen, beruht darauf, daß die 5-jährigen ungedüngt sind, während die 4-jährigen Kopfdüngung erhalten hatten.

In Kaisheim zeigt sich, daß die relative Abnahme der Wurzelmasse mit dem Alter nicht so stark ist wie auf den beiden anderen Standorten; das ist zweifellos in erster Linie eine Folge der physikalischen Ungunst des dichten Feinlehmbodens und geht ganz in der Richtung der Feststellungen B u r g e r s(15), der auf physikalisch ungünstigen Böden ebenfalls einen größeren Wurzelanteil bekam. Daß der Kaisheimer Boden im derzeitigen Zustand dem Wuchs der Fichte nicht so günstig ist, geht klar daraus hervor, daß die Gesamtholzproduktion bei gleichem Alter im Durchschnitt geringer ist als in Nürnberg und Laufen.

Besonders auffallend ist in Kaisheim noch der hohe Anteil der Wurzelmasse bei den 3-jährigen Fichten von Beet 76. Dieses Beet unterscheidet sich von den übrigen Fichtenbeeten dadurch, daß der Boden hier noch schwerer (ein toniger Lehm) und feuchter ist; außerdem steht schon in 5 dm Tiefe ein stark kalkhaltiger Unterboden an. Vermutlich ist der höhere Wurzelanteil also auf die noch ausgeprägtere physikalische Ungunst des Bodens zurückzuführen; unwahrscheinlicher ist wohl die Annahme, daß der höhere Kalkgehalt im Boden - ähnlich wie C l a u s e n (4) dies festgestellt hat - den Wurzelanteil erhöht haben könnte.

Das relativ geringe Durchschnittsgewicht bei den 3-jährigen Fichten von Beet 101 ist einwandfrei dadurch erklärbar, daß dieses Beet ungedüngt und verunkrautet war, die 3-jährigen Fichten von Beet 103 jedoch eine Kalkammondüngung erhalten hatten.Die Düngung(mit Kalkommon)hatte also wie bei den 4-jährigen Fichten in Laufen zwar eine Veränderung des absoluten Gewichts der Pflanzen zur Folge, brachte aber merkwürdigerweise keine Herabsetzung des Wurzelanteils.

Was das Verhältnis der Nadelmasse zur Holzmasse anlangt,so ist das Gewicht der Nadelmasse bei Fichte durchgehend geringer als das der Gesamtholzmasse, übertrifft jedoch in den ersten Jahren das der oberirdischen Holzteile bedeu-

tend. Vom ersten auf das zweite Lebensjahr nimmt das Gewicht der Nadeln anteilmäßig in allen Fällen zu, um dann erst später wieder relativ abzunehmen. Während also die Fichte im ersten Jahre ihre Aufbaustoffe hauptsächlich zur Entwicklung der Wurzeln verwendet, werden im zweiten Jahre vor allem die Assimilationsorgane besonders gefördert.

Im einzelnen geht in Laufen die relative Abnahme der Nadelmasse mit steigendem Alter (bzw. Gewicht) am raschesten vor sich, in Kaisheim am langsamsten. Hier gilt also der von B u r g e r (15) aufgestellte Satz, daß das Nadelprozent auf für die betreffende Holzart günstigen Böden kleiner ist als auf ungünstigen. B u r g e r deutet noch an, daß bei seinen Untersuchungen dieses Ergebnis zum Teil auch auf die kleineren Pflanzen zurückzuführen sei. Wir hatten bei unserer Arbeit die Möglichkeit, nicht nur gleichalterige, sondern auch annähernd gleich schwere Pflanzen auf den verschiedenen Standorten zu vergleichen und kommen dabei für die von uns untersuchten Pflanzgärten eindeutig zu der von B u r g e r erkannten Beziehung zwischen Bodenart und Anteil der Nadelmasse, wobei die Beziehung bei uns allgemeiner ausgedrückt werden kann: zwischen „Standort" und Anteil der Nadelmasse. Denn auch die günstigen Niederschlagsverhältnisse in Laufen tragen mit zur besseren „Fichtenbonität" dieses Standorts bei.

In Laufen haben schon die 3-jährigen Fichten weniger Nadelmasse als oberirdische Holzmasse. In Nürnberg erreichen erst die 4-jährigen Pflanzen ein gleiches Gewicht der Nadeln und des oberirdischen Holzteils, während in Kaisheim in allen Fällen bis einschließlich der 5-jährigen Fichten die Nadelmasse größer bleibt als die oberirdische Holzmasse.

Diese Erscheinung ist nur schwer zu erklären. B u r g e r meint, daß wahrscheinlich bei schwierigerer Ernährung auch der Assimilationsapparat nicht so intensiv arbeitet (und deshalb mengenmäßig besser ausgestattet sein muß). B ü s g e n - M ü n c h (13) weisen darauf hin, daß (bei alten Bäumen) „infolge der engen Wechselbeziehungen zwischen Wurzel- und Kronenernährung und - ausbildung ... Krone und Wurzelmenge immer in einem abgemessenen Verhältnis" stehen. Für unseren Fall scheint die Erklärung B u r g e r s naheliegender.

Wenn wir zusammenfassend nach den Wuchsleistungen, nach dem Verhältnis von Wurzel zu oberirdischen Holzteilen und nach dem Verhältnis von Nadelmasse zu Gesamtholzmasse für die Fichte unsere drei standortsverschiedenen Pflanzgärten vergleichen, kommen wir zu dem Schluß, daß Laufen, das für die Fichte die günstigsten Standortsbedingungen bietet, gleichzeitig den geringsten Wurzelanteil und den geringsten Nadelanteil aufweist, während der Pflanzgarten Kaisheim, der für die Fichte den ungünstigsten Standort darstellt und bisher auch wenig gedüngt wurde, den größten relativen Anteil an Wurzel- und Nadelmasse erkennen läßt. Eine Zwischenstellung kommt dem Pflanzgarten Nürnberg zu.

Der günstige Fichtenstandort zeigt also bei unseren Pflanzgartenvergleichen einen verhältnismäßig niedrigen, der ungünstige Standort einen verhältnismäßig hohen Wurzel- und Nadelanteil.

2) K i e f e r

Das Verhältnis von Wurzel zu Stamm (Tafel 1[+]) zeigt bei der Kiefer eine ähnliche Entwicklungsrichtung wie bei der Fichte: Die Kieferwurzel ist im ersten Jahre ebenfalls schwerer als der oberirdische Holzteil; in ähnlicher Weise sinkt auch bei der Kiefer der Anteil der oberirdischen Holzmasse mit steigendem Alter bzw. mit zunehmendem Gewicht (siehe auch Tafel 6, 6a, 7 und 7a). Eine durch die Verschulung bedingte Erhöhung des Wurzelanteils können wir deutlich in Nürnberg feststellen, während in Kaisheim sich diese Beziehung an den zweijährig verschulten Pflanzen nicht erkennen läßt (vergl. Hoffmann (20) S. 49 und 67) und in Laufen kein zweijährig verschultes Kiefern-Pflanzenmaterial zu bekommen war. Es darf angenommen werden, daß die Verschulung bei der Kiefer zunächst zwar in ähnlicher Weise wirkt wie bei der Fichte, daß die Kiefer jedoch infolge ihres bekannt raschwüchsigen und sich fein verzweigenden Wurzelwerkes die Verschulschäden schneller überwinden kann.

Weiter konnten wir feststellen, daß die Kiefer in Laufen am raschesten wächst, daß aber die auf humosem Sandboden in Nürnberg gezogenen Pflanzen in dieser Beziehung nur wenig zurückstehen. Kaisheim zeigt erklärlicherweise auch hier wieder das kleinste Pflanzengewicht, weil bei der Kiefer die physikalischen Bodeneigenschaften, vor allem die Sauerstoffversorgung, eine noch größere Rolle spielen als bei der Fichte. Gleichlaufend mit der Gunst des Standortes für die Kiefer weisen Nürnberg und Laufen die geringsten Wurzelanteile auf. In Kaisheim ist sowohl die absolute Gewichtszunahme der Pflanzen, als auch die relative Zunahme des Anteils der oberirdischen Holzmasse mit steigendem Alter eine recht geringe. Der Kaisheimer Pflanzgarten läßt also auch hierin erkennen, daß er kein günstiger Kiefernstandort ist.

Im einzelnen sehen wir, daß in Nürnberg bei den 1-jährigen Kiefern der Wurzelanteil kleiner ist als in Kaisheim und Laufen (50 % gegenüber 60 bzw. 54 %). Das läßt sich darauf zurückführen, daß die Nürnberger Pflanzen in diesem Fall mehr als zwei mal so schwer sind wie die Vergleichspflanzen.

Wenn wir die Nadelmasse der jungen Kiefer betrachten, sind wir erstaunt über den riesigen Anteil, den diese in den ersten Jahren am Gesamtgewicht der Pflanze hat. Das Gewicht der Nadel ist in den meisten Fällen größer als das der gesamten Holzsubstanz. Wir sehen auch bei der Kiefer wieder eine deutliche relative Zunahme der Nadelmasse vom ersten auf das zweite Jahr in Laufen und in Nürnberg. Von diesem Zeitpunkt ab nimmt sie anteilmäßig wieder ab. Es kann zu diesem Verhalten der Kiefer dasselbe gesagt werden wie bei der Fichte. In allen Fällen bleibt nach unseren Untersuchungen mindestens bis zum dritten

+) Siehe Seite, 26/27.

Jahre das Trockengewicht der Nadelmasse bei der Kiefer bedeutend größer als das der oberirdischen Holzmasse. Diese große Nadelmasse im Zusammenwirken mit dem hochentwickelten Feinwurzelsystem befähigt sie wohl, in der Jugend fast alle übrigen Holzarten im Wuchs zu überflügeln.

Aus den Zahlen von Nürnberg und Kaisheim glaubt man zu erkennen, daß der Anteil der Nadelmasse im Jahre nach der Verschulung etwas zurückgeht. Diese Erscheinung, die auch schon bei der Fichte schwach angedeutet ist, ließe sich dadurch erklären, daß die Pflanze nach der Verschulung zunächst wegen ungenügender Wasserversorgung entweder leichter zum Nadelabfall neigt oder, was wahrscheinlicher ist, an sich weniger Nadeln erzeugt.

Ein Vergleich zwischen Fichte und Kiefer ergibt eindeutig

1) - eine altbekannte Tatsache - daß die Kiefer auf ihr zusagenden Standorten (also nicht in Kaisheim!) der Fichte schon nach 3-jähriger Wuchszeit in der Massenproduktion bedeutend überlegen ist,
2) daß der Anteil der Nadeln am Gesamtgewicht bei der Kiefer bedeutend höher, ja teilweise fast doppelt so hoch ist wie bei der Fichte und
3) daß der Anteil der Wurzelmasse, der in den ersten beiden Jahren nicht sehr unterschiedlich ist, schon im dritten Jahre bei der Kiefer wesentlich kleiner wird als bei der Fichte und auch dann relativ kleiner bleibt, wenn wir zum Vergleich nicht gleichaltrige, sondern gleichschwere Fichten heranziehen. Diese Unterschiede treten umsomehr hervor, je günstiger der Standort für die Kiefer ist.

Aus den Tafeln 6 und 6a bzw. 7 und 7a, in denen für die Holzarten Kiefer, Fichte, Buche und Tanne das Gewichtsverhältnis von Wurzel zu oberirdischem Holzteil zu Nadeln, geordnet nach dem Alter bzw. dem Gewicht der Pflanzen, zusammengestellt ist, läßt sich trotz großer Streuung der Einzelwerte die Entwicklungsrichtung dieses Verhältnisses ersehen. Im einzelnen werden wir darauf bei Besprechung der Untersuchungsergebnisse von Naturverjüngungspflanzen noch zurückkommen.

Übrige Holzarten:

Bei allen übrigen Holzarten konnten wir, wie schon einleitend bemerkt wurde, aus Mangel an Material keine so umfangreichen Untersuchungen mit altersmäßiger Abstufung durchführen wie bei Fichte und Kiefer.

3) Lärche +)

Von den drei Pflanzgärten haben wir dreijährig verschulte Lärchen untersucht. Nach der Gesamtentwicklung ergeben sich wiederum in Laufen die stärksten und in Kaisheim mit Abstand die kleinsten Pflanzen. Auch hier ist also die Wirkung des Standorts klar zu erkennen. Dabei handelt es sich bei den

+) s. Tafel 1, S. 26/27

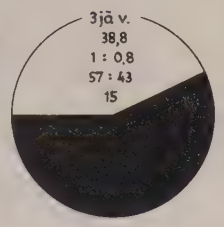
Forstökolog. Untersuchg. Götz, Chen
1938/39
Münchener Inst. f. Bodenkunde u Standortslehre

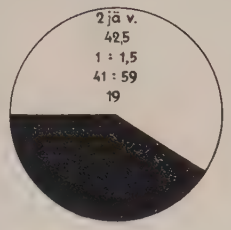
Durchschnittsgewicht u. Gewichtsverhältnis von Wurzel : oberird. Holzmasse in Pflanzgärten

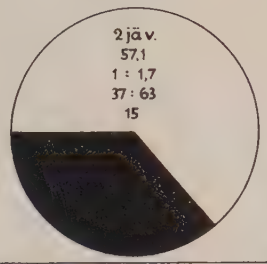
Tafel 2

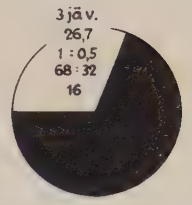
Laufen

	Esche	Bergahorn	Buche	Roterle	Stieleiche
1. Alter:	3 jä v.	2 jä v.	3 jä S.	2 jä v.	3 jä v.
2. Gewicht (gr):	38,8	42,5	6,9	57,1	26,7
3a. Verh. Zahl:	1 : 0,8	1 : 1,5	1 : 0,6	1 : 1,7	1 : 0,5
b. Verh. % :	57 : 43	41 : 59	63 : 37	37 : 63	68 : 32
4. Zahl d. Pfl.	15	19	42	15	16



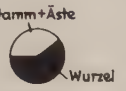






Kaisheim

1. Alter:	1 jä S.	2 jä S.	2 jä S.	1 jä S.	1 jä S.
2. Gewicht (gr):	0,2	1,1	2,9	0,4	0,08
3a. Verh. Zahl:	1 : 0,4	1 : 0,5	1 : 0,7	1 : 0,7	1 : 1,1
b. Verh. % :	72 : 28	68 : 32	60 : 40	60 : 40	47 : 53
4. Zahl d. Pfl.	47	26	22	43	70



Nürnberg

1. Alter:	3 jä v.	2 jä S.	2 jä S.	3 jä v.	3 jä v.
2. Gewicht (gr):	4,4	2,9	1,5	7,4	2,5
3a. Verh. Zahl:	1 : 0,2	1 : 0,5	1 : 0,6	1 : 0,7	1 : 0,6
b. Verh. % :	81 : 19	67 : 33	61 : 39	60 : 40	61 : 39
4. Zahl d. Pfl.	25	32	60	20	20

S. = Sämlinge
v. = verschulte Pflanzen

Lärchen in Laufen überdies noch um frühere Ausschußpflanzen, die ohne jede Düngung geblieben waren. Auch die Kaisheimer Lärchen waren in diesem Fall ungedüngt, während die Nürnberger Lärchen eine Düngung erhalten hatten.

Der Anteil der Wurzelmasse ist merkwürdigerweise trotz der Verschiedenheit der Standorte und trotz des verschiedenen absoluten Gewichts der Einzelpflanzen auf allen drei Standorten annähernd gleich, nämlich 29-32 % und entspricht ungefähr dem der gleichaltrigen Kiefer in Laufen und Nürnberg.

Der Nadelanteil konnte bei Lärche nicht bestimmt werden, da die Nadeln zur Zeit der Entnahme bereits abgefallen waren.

4) T a n n e +)

Die bekannte Tatsache, daß die Tanne sich langsamer entwickelt und daß sie in den ersten Jahren bedeutend mehr Wurzelmasse produziert als die übrigen Nadelhölzer, zeigte sich auch bei unserer Untersuchung. Obwohl die Tanne auf einem sehr günstigen Boden in Laufen erwachsen und bereits vier Jahre alt waren, hatten sie ein verhältnismäßig kleines absolutes Gewicht und im übrigen einen relativ sehr hohen Wurzelanteil (53 %).

Für die Laubhölzer zeigt ein Blick auf die graphische Zusammenstellung in der Tafel 2 den starken Standortsvorsprung in der Gesamtwuchsleistung (Kreisflächen!) von Laufen gegenüber Nürnberg un Kaisheim noch deutlicher.

5) B u c h e ++)

Für die Buche weist der Standort Laufen diesen Vorsprung noch nicht so deutlich auf: wir bekamen von dort nur 3-jährige Buchen s ä m l i n g e , die sich natürlich in der freien Wachstumsentfaltung gegenseitig behinderten, während wir in Nürnberg nur dreijährig v e r s c h u l t e Pflanzen erhielten. Die Nürnberger Pflanzen sind trotz dieses Vorteils so wenig schwerer, daß wir auch hier eine - wenn auch kleinere - überlegenheit des Standorts Laufen annehmen können.

Die 2-jährigen Sämlinge sind in Kaisheim stärker als in Nürnberg. Aus dieser Tatsache kann zwar nicht unbedingt der Schluß gezogen werden, daß der Kaisheimer Standort der Buche besser zusagen würde als der Garten in Nürnberg; es ist jedoch sehr wahrscheinlich, daß die physikalische Ungunst des Kaisheimer Bodens dem Wachstum der Buche nicht so abträglich ist wie dem der Fichte, Kiefer und Lärche.

Das Verhältnis von Wurzel: Stengel ist bei allen Pflanzen auf den drei Standorten trotz verschiedener Größe - ähnlich wie bei der Lärche - immer das gleiche. Jedoch zeichnet sich die Buche durch einen bedeutend höheren Wurzelanteil aus, der 60-63 % der Gesamtholzmasse beträgt.

+) s. Tafel 1, S.26/27.

++) s. Tafel 2, S.30/31.

6) Esche

Die Esche fühlt sich offensichtlich in Laufen besonders wohl. Die dreijährig verschulte Pflanze hat hier ein Gewicht, das gegenüber der gleichalten Pflanze von Nürnberg fast 9 mal so groß ist. Beim Nürnberger Eschenbeet haben wir einen schwach humosen, anlehmigen Grobsand als Unterlage, in Laufen dagegen einen braunen, krümeligen Lehm mit schwachem Kiesgehalt.

Sehr groß ist vor allem auch der Unterschied im Anteil der Wurzelmasse; bei der Nürnberger Esche 81 %, bei der Laufener 57 % beträgt. Die 1-jährigen Eschensämlinge aus Kaisheim lassen sich nicht direkt mit den vorbeschriebenen älteren größeren Pflanzen vergleichen.

7) Bergahorn

Die 2-jährigen Verschulpflanzen des Bergahorns von Laufen sind nahezu 15 mal so schwer wie die gleichaltrigen Sämlinge in Nürnberg und ca. 38 mal so schwer wie dieselben Sämlinge in Kaisheim! Der ungeheure Wuchsvosprung des Laufener Ahorns ist bedingt durch einen ganz besonders günstigen Kleinstandort: Der Boden ist ein stark kalkhaltiger, krümeliger, humoser, feinsandiger Lehm, der, auf der untersten Flußterasse liegend, eine Schlickablagerung der Salzach darstellt und noch dazu mit Gründüngung und Pferdemistgabe verbessert wurde; in Nürnberg dagegen steht der Bergahorn auf einem stark humosen Grobsand und in Kaisheim auf dem dichten Feinlehm, der in diesem Fall allerdings eine Düngung mit Thomasmehl und Kali genossen hatte.

Entsprechend ihrer Größe und den besseren Ernährungsbedingungen haben die Ahornpflanzen von Laufen nur 41 %, die von Nürnberg und Kaisheim jedoch 67 und 68 % Wurzelmasse.

8) Rot- und Weißerle

Diese beiden Laubhölzer zeigen in Laufen als 2-jährige Verschulpflanzen eine ganz gleichartige und absolut die größte Wuchsleistung von allen Laubhölzern. Wir haben zur Darstellung nur eine der beiden Erlen, die Roterle, aufgenommen.

Wenn wir den Anteil der Wurzelmasse betrachten, so ergibt sich sowohl bei den zweijährig verschulten Erlen von Laufen, als bei den 1-jährigen Sämlingen von Kaisheim, daß die Roterle gegenüber den bisherigen Laubhölzern - ähnliches Alter bzw. ähnliches Gesamtgewicht vorausgesetzt - relativ etwas weniger Wurzelmasse und damit mehr oberirdiche Masse bildet.

9) Stieleiche

Die dreijährig verschulten Stieleichen von Laufen stehen auf dem gleichen Boden wie die Esche und sind naturgemäß etwas schwächer entwickelt als diese. Sie haben von allen Laubhölzern in Laufen anteilmäßig die größte Wurzelmasse (68 %); die Wurzel der jungen Stieleiche wiegt also doppelt so schwer wie der oberirdische Holzteil.

10) Linde

Von dieser Holzart konnten wir nur von Kaisheim und Nürnberg Pflanzen erhalten. Auffallend ist, daß bei den kleinen 1-jährigen Sämlingen in Kaisheim der Wurzelanteil sogar etwas kleiner ist als die oberirdische Masse.

Zusammenfassend läßt sich sagen, daß von den von uns untersuchten Laubhölzern aus Pflanzgärten die Stieleiche und die Esche die wurzelintensivsten Holzarten sind, während die Linde und Erle verhältnismäßig weniger Wurzelmasse bilden. Die Erle wird aber infolge ihres außerordentlich raschen Wachstums, das sie verhältnismäßig auch auf weniger guten Böden noch aufweist - auch wenn ihr Wurzelanteil im Verhältnis zur oberirdischen Holzmasse etwas geringer sein sollte (siehe jedoch Ergebnis bei Naturverjüngung) - doch im Ganzen den Boden besonders schnell mit einer absolut sehr großen Wurzelmasse durchsetzen.

In Übereinstimmung mit den Standortsverhältnissen der drei Pflanzgärten bestätigen auch unsere Untersuchungsergebnisse, daß der Pflanzgarten Laufen dem Wuchs der Nadelhölzer wie dem der Laubhölzer mit Abstand am günstigsten ist, und daß weiterhin der humose Sand des Nürnberger Gartens dem dichten Feinlehm Kaisheims in Bezug auf die Kiefer klar überlegen ist. Für die Fichte und für die Laubhölzer können die beiden Pflanzgärten Nürnberg und Kaisheim im derzeitigen Zustand als annähernd gleichwertig betrachtet werden.

Ein Vergleich zwischen unseren Ergebnissen und den Angaben der Literatur ergibt, daß die von uns gewonnenen Verhältniszahlen alle innerhalb der von B u r g e r (15) angegebenen Grenzwerte liegen (siehe S. 13), soweit wir dem Alter nach vergleichbare Pflanzen zur Verfügung haben.

Wenn wir darüber hinaus die von uns herausgestellten Entwicklungslinien (Abnahme des Wurzelanteils und Abnahme des Nadelanteils mit steigendem Alter) berücksichtigen, reihen sich auch die übrigen Zahlen von B u r g e r , die zum Teil an etwas älteren Pflanzen gewonnen wurden, gut an unsere Pflanzgartenergebnisse an. Nur geht aus den B u r g e r'schen Zahlen auffallenderweise nicht hervor, daß die Kiefer (bei den größeren Pflanzen) im Durchschnitt einen geringeren Wurzelanteil und einen bedeutend höheren Nadelanteil hat als die Fichte.

Wenn wir im folgenden weitere Zahlen zum Vergleich mit den unsrigen heranziehen, so ist zu bedenken, daß sich diese in der Literatur angegebenen Zahlen

nicht auf das Gesamtholzgewicht der Pflanze - sondern auf das Gesamtgewicht einschließlich der Nadeln beziehen. Um einen Vergleich zu ermöglichen, wurden deshalb unsere Zahlen gleichlaufend umgerechnet.

Der von Marstaller (9; s.S. 13) bei der zweijährigen Kiefer gefundene Wurzelanteil mit 13 % erscheint außerordentlich gering und liegt weit unter unseren Ergebnissen (20-28 %) und noch unter dem von Burger angegebenen unteren Grenzwert (16%), obwohl die Zahlen Burgers von älteren (vierjährigen) Pflanzen stammen, die naturgemäß schon einen bedeutend geringeren Wurzelanteil aufweisen. Im übrigen halten sich jedoch die Zahlen Marstallers innerhalb der von uns gefundenen Werte.

Außerdem seien die von Nobbe (6; s.S. 15) mitgeteilten Zahlen mit unseren verglichen:

Vom Gesamtpflanzengewicht treffen bei einjähriger

	Fichte		Kiefer	
	nach Nobbe	nach eig. Untersuchungen	nach Nobbe	nach eig. Untersuchungen
	%	%	%	%
auf Wurzel	52	36 - 42	49	21 - 33
auf Stamm	10	21 - 25	15	18 - 28
auf Nadeln	38	33 - 40	36	39 - 61

Nobbe, der die einjährigen Pflanzen im Topf auf tertiärem Feinsand gezogen hatte, erhielt also bei Fichte und Kiefer bedeutend höhere Wurzelprozente, wohl ein Zeichen dafür, daß dieser künstliche Standort den Pflanzen weniger zusagte.

Auffällig ist übrigens, daß die von uns oben angeführten Schwankungen in den Verhältniszahlen bei Kiefer bedeutend größer sind als bei Fichte. Welch große Unterschiede im Wurzelanteil gerade bei einjähriger Kiefer unter verschiedenen Ernährungsbedingungen auftreten können, hat Schwarz (8; s.S. 18) gezeigt, der Anteile zwischen 20 und 52 % bekam. Übrigens zeigt auch unsere obenstehende Tabelle, daß im allgemeinen auch schon die einjährige Kiefer durchschnittlich weniger Wurzelmasse und mehr Nadelmasse hat wie die Fichte gleichen Alters.

B. Untersuchungen an Naturverjüngungspflanzen

Um auch bei den Naturverjüngungspflanzen Ergebnisse mit deutlichen Ausschlägen zu bekommen, stuften wir die zu untersuchenden Standorte kräftig nach verschiedener Niederschlagsfeuchtigkeit ab: wir machten Untersuchungen in Benediktbeuern mit 1300 mm, in Seeshaupt (Diessen) mit 1100 mm, in München-Süd mit 950 mm und in Landshut mit 690 mm Jahresniederschlägen. Dabei

war nach den bisher vorliegenden Beobachtungen anzunehmen, daß in Benediktbeuern bei der außerordentlich günstigen Wasserversorgung die Pflanze mit einer geringeren Wurzelmasse ihren Wasser- und Nährstoffbedarf decken könnte als auf den trockeneren Standorten in Landshut. Diese Erwartung wurde jedoch - wie später gezeigt wird - keineswegs bestätigt, da neben der Feuchtigkeitsversorgung andere Ursachen die Entwicklung des Wurzelanteils maßgeblicher beeinflußten.

I. Beschreibung der Standorte

Zunächst sollen die verschiedenen Standorte, an denen wir Pflanzen entnommen haben, im einzelnen dargestellt werden. Soweit wir dabei die auftretenden Humusformen beschrieben haben, bedeutet ein + (plus) nach der Bezeichnung der Humusarten eine Neigung zur besseren, ein - (minus) eine Neigung zur schlechteren Seite. Bei der Kennzeichnung der Bodendecke wurde zugrundegelegt, daß die Bodenflora, die meist zweischichtig auftritt, in jeder Schicht einen vollen Deckungsgrad=1,0, im ganzen also einen solchen von 2,0 erreichen kann. Ein + nach dem Namen der Pflanzenart bedeutet „üppige Ausbildung", ein - dagegen „schwache Entwicklung". Bei Angaben über den Lichtgenuß ist zu beachten, daß es sich immer um eine Schätzung bzw. Messung des derzeitigen Lichtes handelt; für ihre bisherige Entwicklung stand den Naturverjüngungspflanzen in den allermeisten Fällen natürlich weniger Licht zur Verfügung.

F o r s t a m t B e n e d i k t b e u e r n

Jahresniederschläge 1300 mm
Niederschläge Mai mit August 750 mm
Jahresmitteltemperatur 6,5°
Mitteltemperatur Mai mit August 14,5°.

Standort 1: Abteilung Kotige Laich.

F i c h t e , T a n n e ,

(am 22.VI. ausgegraben, vom 18. bis 21. VII. 38 gewogen)

Lage: 400 m südöstlich Bierhäusl; Höhe 710 m; nach Norden sanft auslaufender Hang eines Vorberges.

Altbestand: Seit 5 Jahren Freifläche, früher 0,6 Fichte, 0,4 Tanne I. Bonität (bis 40 m hoch).

Boden: Feuchter, tiefgründiger, schluffiger Feinsand mit Rohhumusauflage, letztere von Heidelbeer- und Bürstenmooswurzeln verfilzt. Geologische Herkunft Flysch.

0,3 - 0,4 dm Rohhumus; p_H 3,8;
0,4 dm stark humoser, schluffiger Feinsand, podsoliert;
0,6 dm humoser schluffiger Feinsand; p_H 3,9; unter 1,4 dm schluffiger Feinsand, zum Teil braungelb verlehmt, zum Teil noch gesteinsfarben mit Rostflecken, klumpig, dicht, Spaltflächen teilweise mit humosem Überzug.

Bodendecke: 0,6 Fichtennaturverjüngung, locker bis sehr dicht;
0,3 Heidelbeere dicht,
0,3 Polytrichum formosum + ,
vereinzelt: Ta, Bi, Vogelbeere, Bu, Brombeere

Lichtgenuß: 100 %.

F o r s t a m t S e e s h a u p t

Jahresniederschläge	1100 mm
Niederschläge Mai mit August	550 mm
Jahresmitteltemperatur	7°
Mitteltemperatur Mai mit August	15°

Standort 2: Abteilung II 6c Pollingsried.

F i c h t e

(am 21. VI. ausgegraben, am 13. VII. 38 gewogen)

Lage: 2 km westlich der Nordspitze des Ostersees; Höhe 660 m; sanfter bis lehner Nordwesthang.

Altbestand: 1,0 Fi ca. I.-II. Bon., 120 jähr., einige Buchen und Tannen, Schluß licht bis räumig.

Boden: bis 2 cm Moder-, verfilzt, etwas verhagert; p_H 4,2; darunter frischer bis sehr frischer, mittelgründiger, kieshaltiger, schwachsandiger Lehm (4 dm) über kiesig - sandig - schluffigem Mergel; Moränenverwitterungsboden.

Bodendecke: 0,7 - 0,8 Fichtennaturverjüngung, locker bis sehr dicht;
0,3 Polytr. form. -, Dicranum scop. -, Hyl. spl. - und Schreb. -

Lichtgenuß: 40 %

Standort 3: wie vor,

jedoch sind die Pflanzen im nördlich an obigen Bestand anschließenden Kahlsaum entnommen; der Schirmstand wurde hier vor ca. 3 Jahren abgeräumt. In der Bodenflora finden sich neben oben aufgezählten Moosen noch Gräser und zwar Holcus lan., Dactylis glom. -, etwas Anthoxantum od.

Lichtgenuß: 90 %.

Standort 4: Abteilung I 6b Laberbichel.

T a n n e

(am 24. IV. ausgegraben, am 10.V.38 gewogen)

Lage: ca. 2 km süd-südostwärts von St. Heinrich; Höhe 610 m; sanfter Westhang; eingezäunte, natürlich angekommene Tannenvorbaugruppe mit ca. 25 m Ø.

Altbestand: um die Gruppe: 0,7 Fichte, 0,1 Ta, 0,1 Bu, 165 jähr.; 0,1 Erle.

Boden: feuchter, toniger Grundmoränen-Verwitterungslehm mit starker Humusauflage; letztere p_H 6,5!

Bodendecke: 0,8 Ta;
0,2 Lycopodium annotinum, einzelne Fi, Bu; Mnium undulat. und aff., Hyl. Schreb., spl., Polytr. form.; Heidelbeere.

Lichtgenuß: ca. 60 %.

Standort 5: Abteilung I 3b.

B u c h e

(auf Kleinstandort a) in belaubtem Zustand am 21 VI. ausgegraben, am 15. VII. gewogen;

auf Kleinstandorten b) und c) vor Laubausbruch am 29. IV. ausgegraben, am 10. V. 38. gewogen)

Lage: ca. 500 m nördlich des Gabelchristelhofes, westlich neben Forststraße; Höhe 620 m; eben.

Altbestand: 0,7 Bu, 0,3 Fi I. Bon., 90 - 100 jährig.

Boden: sehr frischer, humoser, toniger Lehm mit guter Streuzersetzung; Verwitterungsboden der jüngeren Würmschotter.

Bodendecke: je nach Belichtungsgrad zahlreich bis sehr zahlreich: Dentaria enneaphylla; spärlich bis sehr häufig: Buchennaturverjüngung; außerdem Oxalis und verschiedene Moose: Hyl. triquetrum, Schreb., spl., Thuidium tam., Eurynchium striatum.

Lichtgenuß: a) 40 % (nach Belaubung des Altbestandes am 21.VI.38 gemessen)
b) 30 % "
c) 50 % "

Standort 6; Abteilung II 3b und c.

E s c h e

(noch unbelaubt, zum Teil vom Wild verbissen, ausgegraben am 28.IV., gewogen am 10.V.38).

Lage: 200 m nordwärts des Gabelchristelhofs; Meereshöhe 620 m; Aufhieb entlang von Südwest nach Nordost streichender Geländekante; teils eben, teils sanft nach Südosten geneigt.

Altbestand: im Südosten des Aufhiebs (Unterabteilung c) 1,0 Fi, 30-50 jähr., locker; im Nordwesten (Unterabteilung b) 1,0 Fi, 70-90 jähr.; einige Alteschen.

Boden: sehr frischer, humoser, schwach kieshaltiger, krümeliger Lehm mit bester Humuszersetzung; Verwitterungsboden der jüngeren Würmschotter.

Bodendecke: dichte Eschenverjüngung, 10-80 cm hoch; außerdem Sambucus nigra, Atropa belladonna; Oxalis; einzeln Urtica dioeca; viele Moose, besonders Mnium undulatum und affine.

Lichtgenuß: 35 %.

Standort 7: Abteilung I 6b Laberbichel.

E r l e

(unbelaubt, ausgegraben am 28.IV., gewogen am 10.V.38).

Lage: etwas tiefer als Standort 4; ebener Teil einer flachen Mulde.

Altbestand: Früher Erle, vor 3 bis 6 Jahren gefällt; in der unmittelbaren, etwas höher gelegenen Umgebung Fichtenaltbestand, durchschnittlich 100 jährig.

Boden: vernäßter Erlenbruchboden; oben Rohhumusauflage, unten Letten.

Lichtgenuß: 80 %.

Standort 8: Abteilung IV 8c, Sauwinkel.

Forstamt Diessen

klimatische und geologische Verhältnisse wie Seehaupt

Buche,

(vor Laubausbruch ausgegraben am 7.V., gewogen am 17.V.38)

Lage: Höhe 690 m; ebener Teil in sanftem Osthang.

Altbestand: 0,7 Bu, 0,3 Fi, 1,5 Bon., 140 jähr., locker geschlossen.

Boden: sehr frischer, tiefgründiger, lettiger Lehm; unter 6 dm kalkhaltig; Humuszustand: Mull; Verwitterung einer überschobenen Wallmoräne.

Bodendecke: Laub, etwas Buchenaufschlag: Oxalis.

Lichtgenuß: 60 % (bei unbelaubtem Buchenaltbestand gemessen).

Forstamt München-Süd

Jahresniederschläge	950 mm
Niederschläge Mai mit August	480 mm
Jahresmitteltemperatur	7°
Mitteltemperatur Mai mit August	15°

Standort 9: Abteilung VII 28b.

Fichte

(am 28.VII. entnommen, am 19.VIII.38 gewogen)

Lage: 500 m nord-nordwestlich Wörnbrunn, an Unterabteilungslinie 28 b/c; Höhe ca. 600 m; eben.

Altbestand: 1,0 Fi ca. II. Bon., vereinzelt Kie und Bu, ca. 95 jährig, locker geschlossen mit Seitenlicht von Nordwesten (u - Linie).

Boden: mäßig frischer, flachgründiger, kieshaltiger, feinsandiger Lehm; Kalksteine schon in 2,5 dm Tiefe; Verwitterungsboden des Hochterassenschotters; 0,1 dm Moderauflage.

Bodendecke: 0,5 Fichten- Naturverjüngung;
0,2 Polytrichum form.,
0,3 andere mittlere Moose und Gräser; etwas Heidelbeere, Majanthemum, Galium rotundifolium und Oxalis.

Lichtgenuß: 15 %.

Standort 10: Abteilung VII 32a.

Fichte

(ausgegraben am 28.VII., gewogen am 20.VIII.38).

Lage: 1 km südostwärts Wörnbrunn; Höhe ca. 600 m; fast eben.

Altbestand: 1,0 Fi I.-II. Bon., ca. 110 jährig; Schluß locker bis licht; etwas Seitenlicht von Nordwesten.

Boden: frischer, tiefgründiger Staublehm mit sehr geringer Kiesbeimischung. Der Boden ist frischer, aber etwas dichter als bei Standort 9.

Bodendecke: voll begrünt; davon 0,7 Fichtennaturverjüngung, im übrigen wie Standort 9, jedoch mehr Oxalis, außerdem Galium saxatile und keine Heidelbeere.

Lichtgenuß: 25 %

Standort 11: Abteilung IX 3b.

B u c h e

(kurz vor Laubausbruch am 21.V. ausgegraben ,am 2.VI.38 gewogen).

Lage: 1 km südostwärts Laufzorn, ca. 80 m westlich des Elmert-Sterns; Höhe 600 m; fast eben.

Altbestand: 1,0 Fi, 120 jährig, einzelne Altbuchen; räumig bis lückig; die Buchenpflanzen wurden unter dem Schirm von Altbuchen entnommen.

Boden: mäßig frischer bis frischer, mittelgründiger, grus- und kieshaltiger Staublehm; Kalksteine schon in 20-40 cm Tiefe.

Bodendecke: zahlreiche Fichten-und Buchennaturverjüngung, Moospolster aus Polytrichum form. und Hylocomium spl., etwas Majanthemum und Oxalis.

Lichtgenuß: 20 % (bei Belaubung der Altbuchen gemessen) jedoch viel Seitenlicht.

U n i v e r s i t ä t s w a l d L a n d s h u t

Jahresniederschläge	690 mm
Niederschläge Mai mit August	330 mm
Jahresmitteltemperatur	7 - 8°
Mitteltemperatur Mai mit August	15-16°

Standort 12: Abteilung I 6b Seeberg.

(6 km nordwestlich Bahnhof Landshut, 2 km nord- nordostwärts Pfettrach).

F i c h t e

(ausgegraben am 4.VIII., gewogen am 2.IX.38).

Lage: Meereshöhe 440 m; sanft geneigter,auslaufender Südwesthang.

Altbestand: 1,0 Fichte II,5 Bon., ca. 100 jährig, geschlossen bis locker.

Boden: mäßig frischer, tiefgründiger, sehr lockerer, humoser, schwach kieshaltiger, lehmiger Sand; Humuszustand: bis o,5 dm Moder +, p_H 4,9; für die Verjüngung scheint der Standort wegen des ziemlich dichten Altholzschirms und der dadurch gegebenen starken Wurzelkonkurrenz mäßig trocken zu sein.

Bodendecke: 0,1 Nadeln und Äste,
0,9 begrünt, hiervon
0,4 Fichtennaturverjüngung,
0,4 mittlere Moose (Hyl. Schreb. usw.),
0,1 Aira flex.,
0,1 Kräuter: Galium rot., Lactuca mur., Oxalis, Fragaria Veronica; außerdem: Heidelbeere, Himbeere, Brombeere.

Lichtgenuß: 20 %.

Standort 13: Abteilung I 6b Seeberg.

auf Kleinstandort a):

F i c h t e (ausgegraben, 4.VIII., gewogen 31.VIII.38);

K i e f e r (ausgegraben, 4.VIII., gewogen 7. IX. 38);

auf Kleinstandort b):

F i c h t e (ausgegraben, 4.VIII., gewogen 31. IX.38).

Lage: Höhe 490 m; Rand eines fast ebenen Rückens, anschließend an einen lehnen Südwesthang.

Altbestand: 0,5 Fichte, 0,5 Kiefer, beide III. Bon., ca. 100 jährig; licht bis räumig.

Boden: mäßig trockener, mittelgründiger, kiesiger Sand, oben humos und podsolig; Untergrund vermutlich sandiger Kies; Humuszustand:
a) bis 0,1 dm Moder;
(Mineralboden-p_H 4,5)
b) 0,2 bis 0,3 dm Rohhumus; p_H 4,1.

Bodendecke: voll begrünt; davon:
0,8 Hyl. Schreb.,
0,4 Aira flex.;
im übrigen 0,1 Himbeere, Brombeere, Lact. mur., Galium rotund., Dicr. spur u. und.

Lichtgenuß: 40 %.

Standort 14: Abteilung I 6b Seeberg.

F i c h t e (ausgegr. 4.VIII., gewogen 1.IX.38);

K i e f e r (ausgegr. 4.VIII., gewogen 8.IX.38;

Lage: Höhe 490 m, Übergang zwischen ebenem Rücken und lehnem S(W)-Hang; sanft nach Südwesten geneigt; gegen Norden offener Kahlsaum.

Altbestand: 0,6 Kie, 0,4 Fi, III.-III,5 Bon., ca. 100 jährig; locker geschlossen; 0,8 - 0,9 bestockt, kleinere Lücken.

Boden: mäßig frischer bis mäßig trockener, tiefgründiger, stark kiesiger Grobsand;
bis 0,2 dm Moder, meist von Aira-Wurzeln verfilzt, p_H 4,0.

Bodendecke: voll begrünt, hievon:
0,3 Verjüngung;
0,3 Aira Flex.,
im übrigen 0,3 Hyl. Schreb., Polytr. form., Leucobrum glauc., Heidelbeere; anschließender Bestandesrand verhagert.

Lichtgenuß: 75 %.

Standort 15: Abteilung I 7d Sandgrube.

F i c h t e (ausgegr. 4.VIII., gewogen 3.IX.38);

K i e f e r (ausgegr. 4.VIII., gewogen 8.IX.38).

Lage: Höhe 470 m; sanfter Südhang; Nordkahlsaum.

Altbestand: 0,7 Kiefer 0,3 Fichte II.-II,5 Bon., ca. 110 jährig, vereinzelte Lärchen; Schluß locker.

Boden: frischer, tiefgründiger, schwach kieshaltiger Staublehm; bis 0,2 dm Moder; p_H 4,4.

Bodendecke: voll, jedoch teilweise nur sehr locker begrünt, hievon:
0,2 Naturverjüngung (Fichte, Kiefer, Lärche);
0,6 Hyl. Schreb., spl.,
0,2 Aira flex.,
0,1 Polytr. form.,
0,1 sonstige Bodenpflanzen: Lactuca, Sambucus ebulus, Heidelbeere usw.

Lichtgenuß: 80 %.

Standort 16: Abteilung I 3e Jägerreis

F i c h t e (ausgegr. 4.VIII., gewogen 2.IX.38);

K i e f e r (ausgegr. 4.VIII., gewogen 7.IX.38).

Lage: Höhe 480 m, sanfter bis lehner Nordwesthang, Ostkahlsaum in 10 m Entfernung vom Bestandsrand.

Altbestand: Kiefer und Fichte II. Bon., Altholz; locker bis licht.

Boden: frischer, tiefgründiger, schwach kieshaltiger Staublehm; bis 0,2 dm Moder +; p_H 4,6.

Bodendecke: voll begrünt; hievon
0,2 Naturverjüngung (0,6 Fi, 0,2 Kie);
0,3 Moose: Polytr. form., (Hyl.Schreb., spl.),
0,5 Gräser: Aira flex., Agrostis usw.,
0,1 Kräuter: Lactuca, Rubus, Veronica,
0,1 Birke,Weide.

Lichtgenuß: 85 %.

Standort 17: Abteilung I 2b Unterharttal.

L ä r c h e (ausgegr. 27.V., gewogen 6.VI.38).

Lage: Höhe 480 m; sanfter Südhang; Nordkahlsaum, vom Bestandsrand 20 m entfernt.

Altbestand: Der frühere Altbestand (0,7 Kiefer, 0,3 Fichte, einz. Lärchen) wurde im Frühjahr 1938 auf dem jetzigen Kahlsaum völlig abgeräumt.

Boden: frischer, tiefgründiger Staublehm; 0,1 dm Moder, durch Graswurzeln verfilzt.

Bodendecke: lockere bis dichte Naturverjüngung, bestehend aus 0,9 Fichte, 0,1 Kiefer, Lärche;
dichte Grasnarbe von Aira flex.;
außerdem: Hyloc. und Polytr., etwas Juncus und Rubus.

Lichtgenuß: 95 %.

II. Ergebnisse

1) Fichte

Bei Fichte haben wir an 11 verschiedenen Standorten mit natürlicher Verjüngung Untersuchungen durchgeführt. Die Ergebnisse sind auf den Tafeln 3 bis 7 graphisch dargestellt. Wenn die erhaltenen Zahlen bei den Naturverjüngungspflanzen nicht so klar und eindeutig sind wie bei den Pflanzgartenpflanzen, so ist das sehr wohl erklärlich; denn erstens wechseln die Kleinstandorte im natürlichen Gelände meist viel rascher und stärker als in den Pflanzgärten und zweitens sind die von uns entnommenen Naturverjüngungspflanzen im Durchschnitt bedeutend älter und größer, sodaß die Alters- und Größenabstufungen nicht mehr so stark sind, wie in den ersten Lebensjahren.

a) Allgemeiner Überblick und Vergleich zwischen den 4 Orten: Benediktbeuern, Seeshaupt, München-Süd und Landshut.

Zunächst soll wieder das Verhältnis von Wurzel zu oberirdischer Holzmasse einer besonderen Betrachtung unterzogen werden. Im Durchschnitt bekommen wir auch bei der Naturverjüngung eine Abnahme des relativen Wurzelanteils mit wachsender Größe und zunehmendem Alter, wenn auch diese Abnahme - wie oben gesagt - nicht so groß und nicht immer so eindeutig ist wie bei den Pflanzgartenpflanzen.

Am besten tritt die große Entwicklungsrichtung vor Augen, wenn wir zunächst einmal die zusammenfassende Darstellung auf Tafel 6 betrachten. Hier ist auf der Ordinate der Anteil der oberirdischen Holzmasse und der Anteil der Nadeln im Verhältnis zur Wurzelmasse = 1 dargestellt, während wir auf der Abszisse das Alter auftrugen. Die Tafel zeigt also nicht - wie das vielleicht auf den ersten Blick scheinen möchte - den Gang des Zuwachses bzw. die absolute Gewichtszunahme der Pflanzen, sondern die Entwicklung der oberirdischen Pflanzenmasse als Verhältniszahl zur jeweiligen Wurzelmasse. Zwischen den vielen Einzelpunkten und Entwicklungslinien der verschiedenen Standorte haben wir eine Mittelkurve gezogen, die den durchschnittlichen Entwicklungsgang annähernd zeigen soll. Wir sind uns dabei sehr wohl bewußt, daß wir hier inhomogene Standorte vor uns haben, die keine ganz einwandfreie Durchschnittsberechnung erlauben. Um die tatsächliche Entwicklung der Verhältnisse mit steigendem Alter genau zu erforschen, wäre es notwendig, auf gleichem Standort unter sonst ganz vergleichbaren Verhältnissen Pflanzen aller Altersstufen zu untersuchen, wie wir das bis zu einem gewissen Grad und bis zu einem gewissen Alter bei Pflanzgartenpflanzen tun konnten. Aber auch in diesem letzteren Fall ist die Vergleichbarkeit schon eine beschränkte; es treten Unterschiede auf, die nicht vom Al-

ter, sondern vom Kleinstandort innerhalb des einzelnen Gartens, von der Sortierung der Pflanzen vor der Verschulung, von der Verschulung selbst, von der rassischen Veranlagung (Saatgutherkunft), von der verschiedenen Düngung und vom verschiedenen obsoluten Gewicht der Pflanzen herrühren.

Bei Betrachtung der Ausgleichskurve fällt auf, daß der Anteil der oberirdischen Holzmasse zunächst von den einjährigen zu den zweijährigen Pflanzen stark, dann bis zu den vierjährigen mäßig, hierauf bis zu den 6 jährigen wieder stark ansteigt; anschließend nimmt er anteilmäßig bis zu ungefähr 9 Jahren noch langsam zu, um späterhin bei einem Verhältnis von etwa 2,3 ziemlich konstant zu bleiben, wenn man nicht sogar vom 9. bis zum 12. Jahre ein schwaches anteilmäßiges Fallen der oberirdischen Masse herauslesen will.

Wie sind nun diese Besonderheiten der Kurve zu erklären? Die erste Verflachung zwischen dem zweiten und vierten Jahre hat sicherlich keinen natürlichen Grund, sondern ist eine Folgeerscheinung der Verschulung, wie wir sie schon bei der Besprechung der Pflanzgartenpflanzen eingehend behandelt haben. Dem Auftreten eines schwachen Maximums des Anteils an oberirdischer Masse um das 9. Lebensjahr möchten wir bei Fichte nicht ohne weiteres größere Bedeutung beimessen, da es sich nur, wie schon ausgeführt, um einen sehr schwach ausgebildeten Höhepunkt handelt. Dieser ist in erster Linie dadurch bedingt, daß hier gerade einige Werte von Landshuter Standorten besonders hoch liegen.Eine naheliegende andere Erklärung wollen wir erst bei Kiefer besprechen, wo sich ein ähnliches Maximum deutlicher abhebt.

Abgesehen von den eben besprochenen Besonderheiten läßt sich sagen, daß bei Fichte der Anteil der oberirdischen Holzmasse vom 0,7 fachen der Wurzelmasse bei den einjährigen Pflanzen im allgemeinen zunächst rasch, dann langsamer zunimmt, um zwischen dem 7. und 12.Lebensjahr das 2,2 bis 2,3-fache des Wurzelanteils zu erreichen. Auf Tafel 6 a sind dieselben Ergebnisse so dargestellt, daß die Gesamtholzproduktion (parallel zu den kreisförmigen Darstellungen) = 100 gesetzt wurde. In Prozenten der Gesamtproduktion an Holzmasse ausgedrückt, beträgt der Anteil der oberirdischen Holzmasse im ersten Jahre durchschnittlich nur 41 %, vom 9. Jahre ab jedoch durchschnittlich 70 %. Umgekehrt betrachtet sinkt der Wurzelanteil vom 1. bis zum 9. Lebensjahr von 59 auf 30 % der Gesamtholzproduktion (= 43 % der oberirdischen Holzmasse). Im einzelnen können die Anteilzahlen bei verschiedenen Standorten recht verschieden sein, wie aus den Tafeln ersichtlich ist.

Dessenungeachtet läßt sich feststellen, daß auch bei der jungen Fichte ein ganz erheblicher Teil der Gesamtholzproduktion in den Wurzeln angelegt wird. Unsere Untersuchungen geben weiterhin keinen Anhalt dafür, daß der Wurzelanteil in späteren Jahren wesentlich abnehmen würde.

In Tafel 7 haben wir bei sonst gleicher Darstellungsweise statt des Alters das absolute Gewicht der Holzmasse als Abszisse gewählt. Dabei erwies es

sich als vorteilhaft, nicht direkt die Gewichtszahl, sondern jeweils die Wurzeln aus diesen Zahlen - ähnlich wie bei den kreisförmigen Darstellungen - aufzutragen. Dadurch ergeben sich bei den Zahlen unter 1 höhere Werte, was für die Darstellung ein großer Vorteil ist; bei den größeren Gewichten aber kommt so eine für die Zeichnung bessere Drängung der weit auseinanderliegenden Werte zustande.

Wir vermuteten, daß vielleicht bei Beziehung auf das absolute Gewicht statt auf das Alter eine gleichmäßigere Kurve entstehen würde; jedoch zeigen sich auch bei dieser Kurve ähnliche Unregelmäßigkeiten, ja es tritt sogar ein Maximum im Anteil der oberirdischen Teile (bei einem Gewicht von 20 bis 30 Gramm) noch deutlicher in Erscheinung. Außerdem zeigt sich auch, daß die Pflanzgartenpflanzen trotz ihres geringeren Alters zum Teil wegen ihrer besseren Ernährungsbedingungen bedeutend schwerer sind als viele Naturverjüngungspflanzen. Dadurch tritt darstellungsmäßig eine viel stärkeres Übereinandergreifen zwischen Pflanzgarten- und Naturverjüngungspflanzen auf.

Im einzelnen lassen sich die Entwicklungstendenzen besser an den kreisförmigen Darstellungen auf den Tafeln 3 und 4 verfolgen, wo wir zu gleicher Zeit Alter und Gewicht eintragen konnten. Dabei zeigt sich, daß die relative Abnahme des Wurzelanteils mit steigendem Alter und Gewicht am deutlichsten und gleichmäßigsten in Benediktbeuern hervortritt, wo die jüngeren, durchschnittlich 4,5 Jahre alten und 4,1 Gramm schweren Pflanzen 38 %, die ältesten durchschnittlich 12,1 jährigen und 86,5 Gramm schweren Fichten hingegen nur mehr 32 % Wurzelmasse aufweisen. Die Zahlen von Seeshaupt geben keinen deutlichen Ausschlag in dieser Richtung, in München-Süd tritt beim Standort 9 die Entwicklungstendenz wieder gut heraus, obwohl die gewichtsmäßigen und auch die altersmäßigen Unterschiede innerhalb der Pflanzen nicht sehr groß sind. Der Wurzelanteil fällt hier von 38 % bei den 7,8 jährigen auf 31 % bei den 12,7 jährigen. Alle übrigen Standorte zeigen keine so großen und eindeutigen Unterschiede, vielmehr treten da und dort auch mehr oder weniger starke Unregelmäßigkeiten auf.

Interessant sind nun weiterhin die durchschnittlichen Unterschiede im Verhältnis von Wurzelmasse zur oberirdischen Holzmasse, die zwischen den einzelnen Untersuchungsorten auftreten. Sie sind nachstehend kurz zusammengestellt:

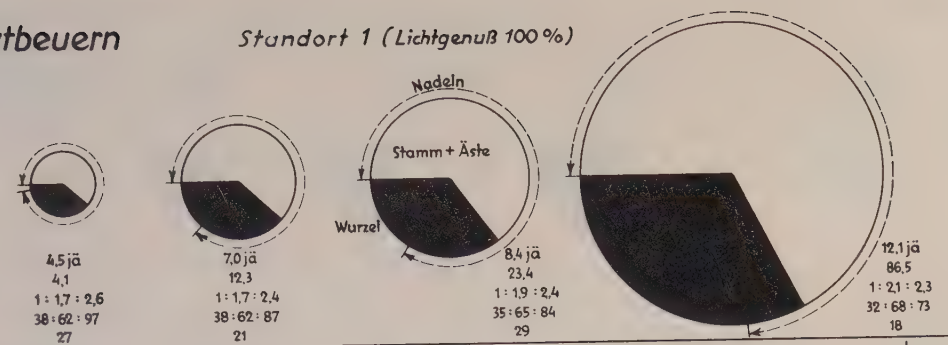
Ort	Benediktbeuern	Seeshaupt			München-Süd			Landshut						
Standort Nr.	1	2	3	Mittel	9	10	Mittel	12	13a	13b	14	15	16	Mittel
Wurzel %	36	33	33	33	35	30	33	29	31	30	26	31	27	29
oberirdische Holzmasse %	64	67	67	67	65	70	67	71	69	70	74	69	73	71
Gesamtholzproduktion	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Nadeln %	85	61	51	56	60	50	55	67	72	70	67	67	69	69

Fichte

Durchschnittsgewicht und Gewichtsverhältnis von Wurzel : oberird. Holzmasse : Nadeln in Naturverjüngungen

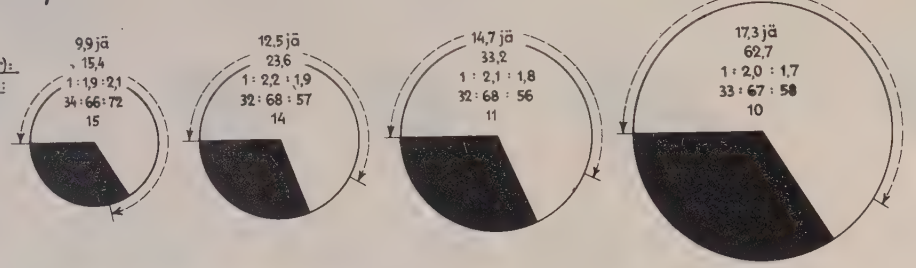
Forstökolog. Untersuchg. Chen, Götz 1938/39
Münchener Inst. f. Bodenkunde u. Standortslehre

Benediktbeuern — Standort 1 (Lichtgenuß 100 %)



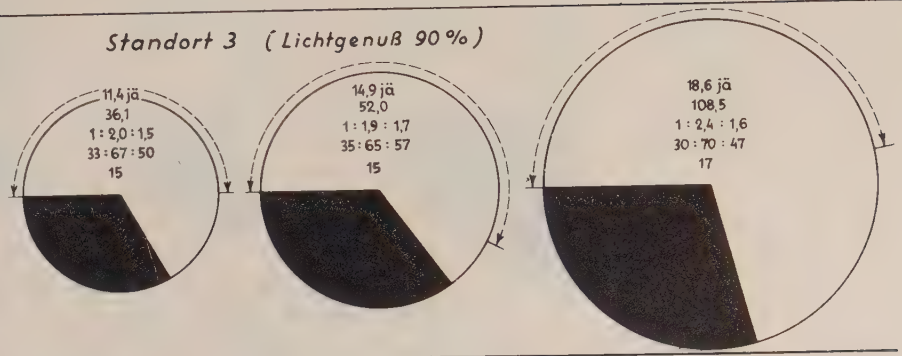
1. Alter:	4,5 jä	7,0 jä	8,4 jä	12,1 jä
2. Gewicht (gr):	4,1	12,3	23,4	86,5
3a. Verh. Zahl:	1 : 1,7 : 2,6	1 : 1,7 : 2,4	1 : 1,9 : 2,4	1 : 2,1 : 2,3
b. Verh. %:	38 : 62 : 97	38 : 62 : 87	35 : 65 : 84	32 : 68 : 73
4. Zahl d. Pfl.	27	21	29	18

Seeshaupt — Standort 2 (Lichtgenuß 40 %)



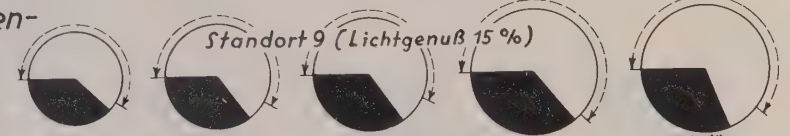
1. Alter:	9,9 jä	12,5 jä	14,7 jä	17,3 jä
2. Gewicht (gr):	15,4	23,6	33,2	62,7
3a. Verh. Zahl:	1 : 1,9 : 2,1	1 : 2,2 : 1,9	1 : 2,1 : 1,8	1 : 2,0 : 1,7
b. Verh. %:	34 : 66 : 72	32 : 68 : 57	32 : 68 : 56	33 : 67 : 58
4. Zahl d. Pfl.	15	14	11	10

Standort 3 (Lichtgenuß 90 %)



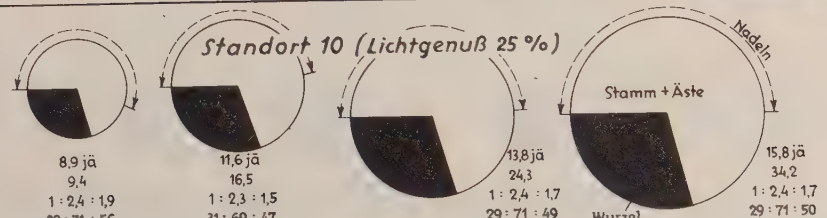
1. Alter:	11,4 jä	14,9 jä	18,6 jä
2. Gewicht (gr):	36,1	52,0	108,5
3a. Verh. Zahl:	1 : 2,0 : 1,5	1 : 1,9 : 1,7	1 : 2,4 : 1,6
b. Verh. %:	33 : 67 : 50	35 : 65 : 57	30 : 70 : 47
4. Zahl d. Pfl.	15	15	17

München-Süd — Standort 9 (Lichtgenuß 15 %)



1. Alter:	7,6 jä	9,0 jä	10,0 jä	11,0 jä	12,7 jä
2. Gewicht (gr):	7,8	10,3	12,3	14,3	14,8
3a. Verh. Zahl:	1 : 1,7 : 1,6	1 : 1,9 : 1,7	1 : 2,0 : 1,7	1 : 1,8 : 1,7	1 : 2,2 : 1,9
b. Verh. %:	38 : 62 : 59	35 : 65 : 58	34 : 66 : 58	36 : 64 : 62	31 : 69 : 61
4. Zahl d. Pfl.	17	23	25	19	22

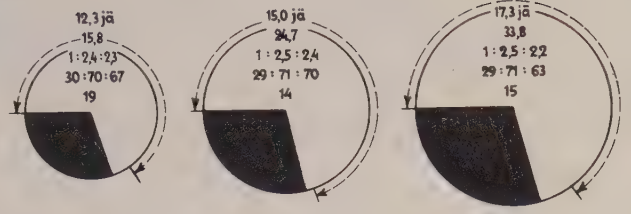
Standort 10 (Lichtgenuß 25 %)



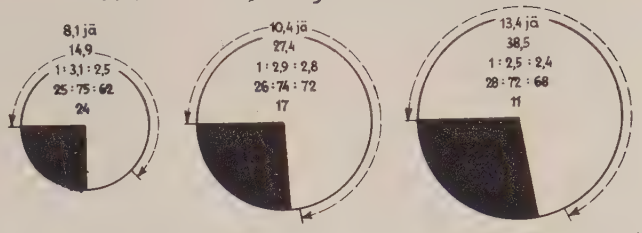
8,9 jä	11,6 jä	13,8 jä		15,8 jä
9,4	16,5	24,3		34,2
1 : 2,4 : 1,9	1 : 2,3 : 1,5	1 : 2,4 : 1,7		1 : 2,4 : 1,7
29 : 71 : 56	31 : 69 : 47	29 : 71 : 49		29 : 71 : 50
24	23	29		25

Landshut — Standort 12 (Lichtgenuß 20 %)

1. Alter:
2. Gewicht (gr):
3a. Verh. Zahl:
b. Verh. %:
4. Zahl d. Pfl.



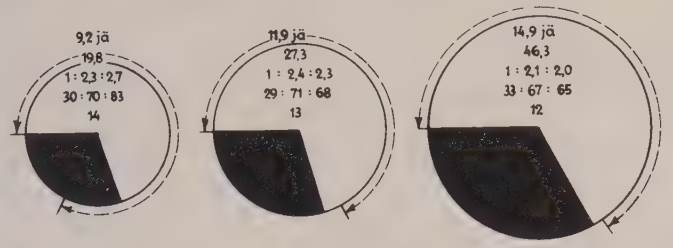
Standort 14 (Lichtgenuß 75 %)



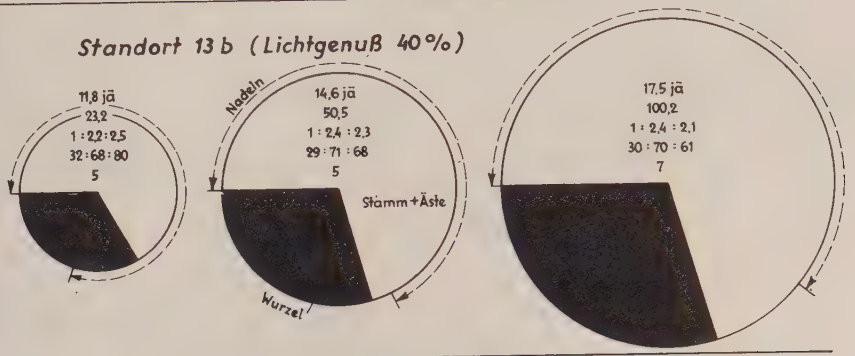
Forstökolog. Untersuchg.
Chen, Götz 1938/39
Münchener Inst. f. Bodenkunde
und Standortslehre.

Landshut — Standort 13a (Lichtgenuß 40 %)

1. Alter:
2. Gewicht (gr):
3a. Verh. Zahl:
b. Verh. %:
4. Zahl d. Pfl.

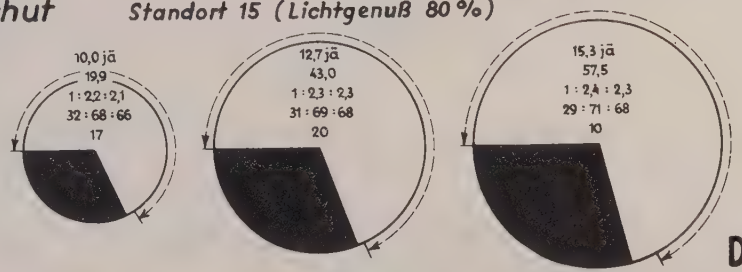


Standort 13 b (Lichtgenuß 40 %)

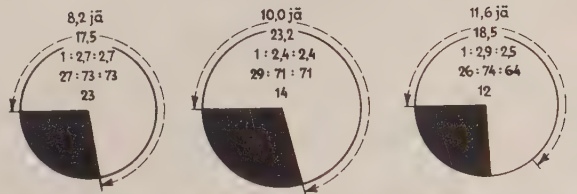


Landshut — Standort 15 (Lichtgenuß 80 %)

1. Alter:
2. Gewicht (gr):
3a. Verh. Zahl:
b. Verh. % :
4. Zahl d. Pfl.

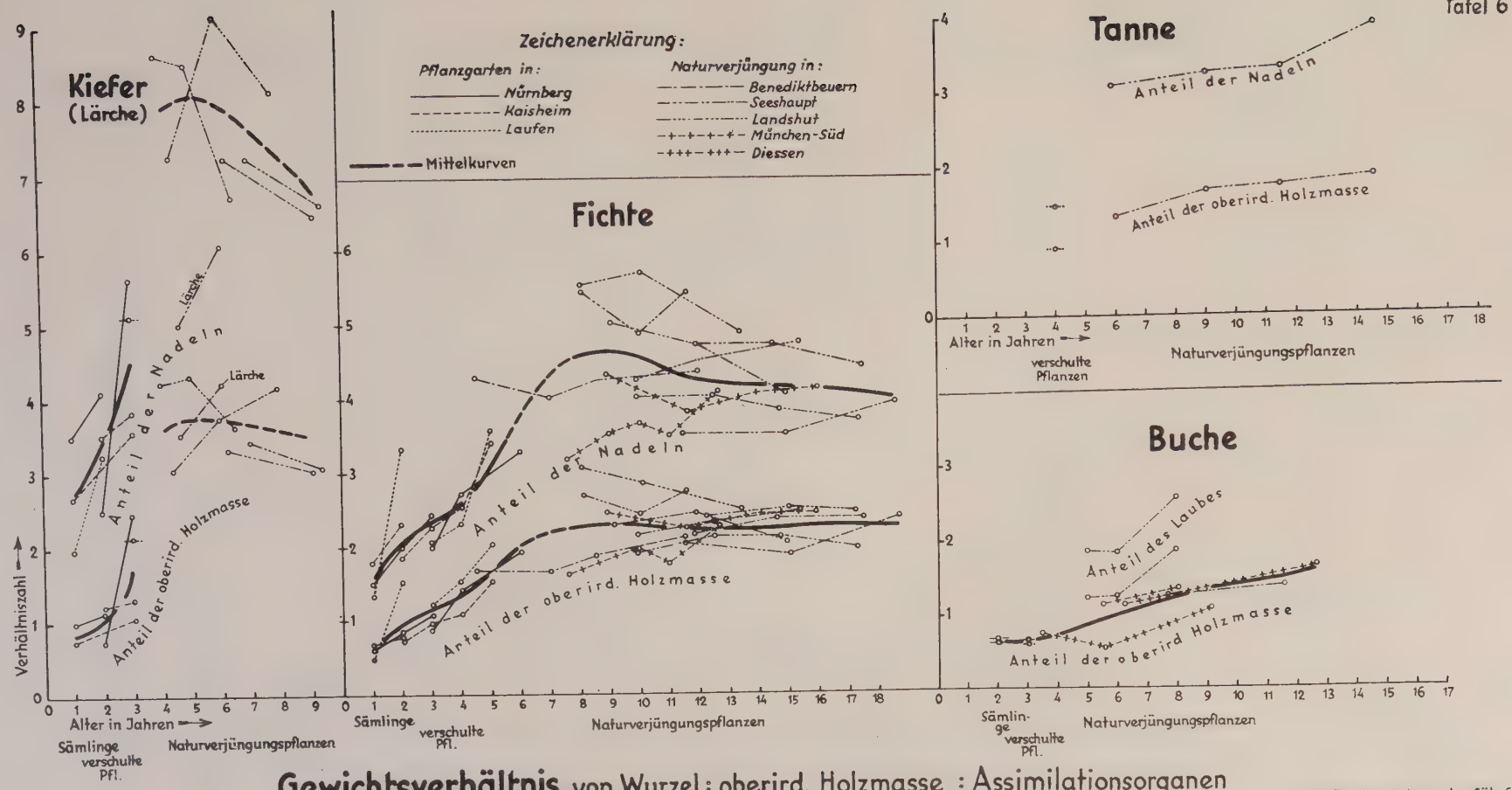


Standort 16 (Lichtgenuß 85 %)



Fichte

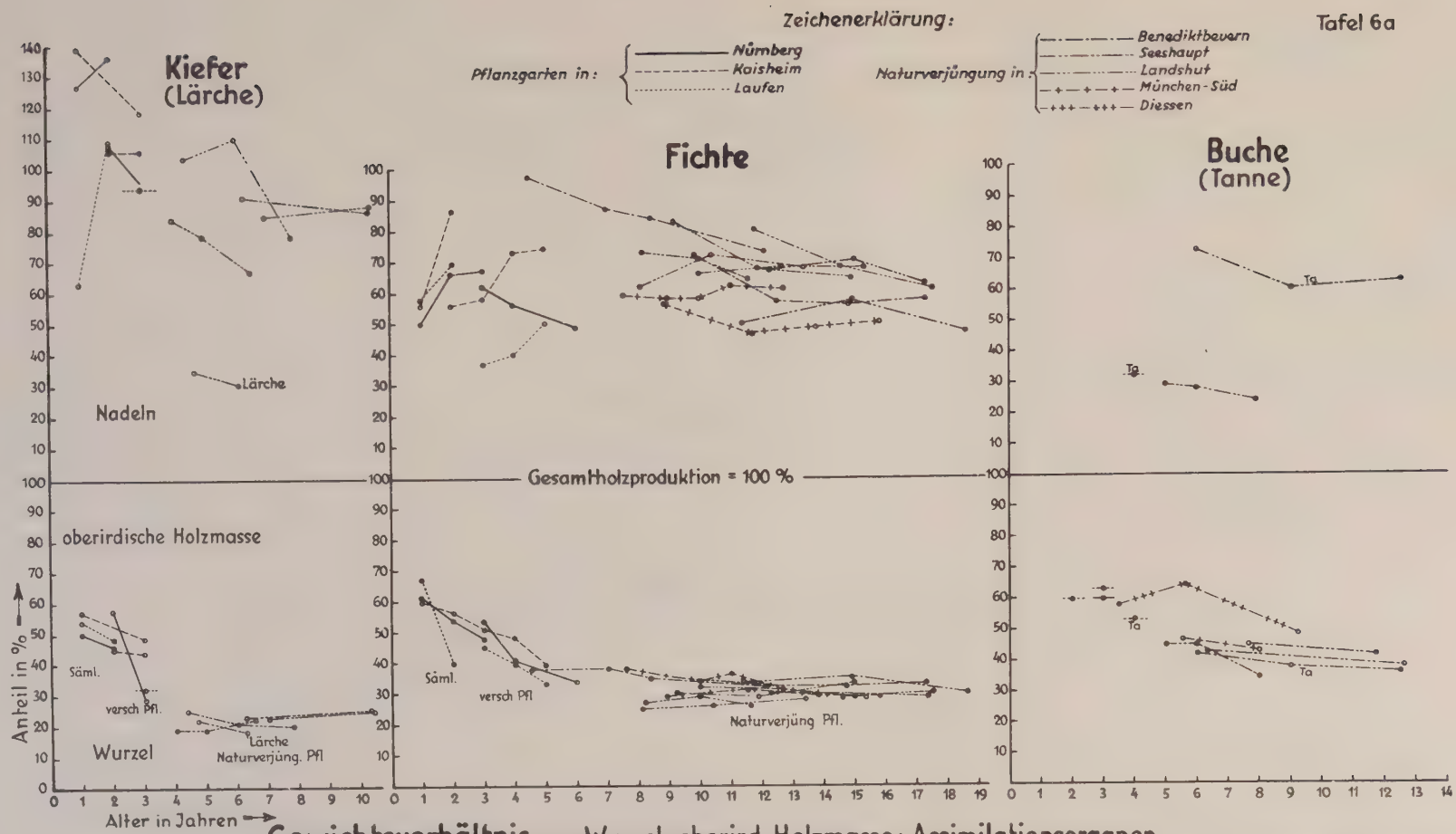
Durchschnittsgewicht u. Gewichtsverhältnis von Wurzel : oberird. Holzmasse : Nadeln in Naturverjüngungen



Gewichtsverhältnis von Wurzel : oberird. Holzmasse : Assimilationsorganen
bei verschiedenem Alter (Wurzelmasse = 1)

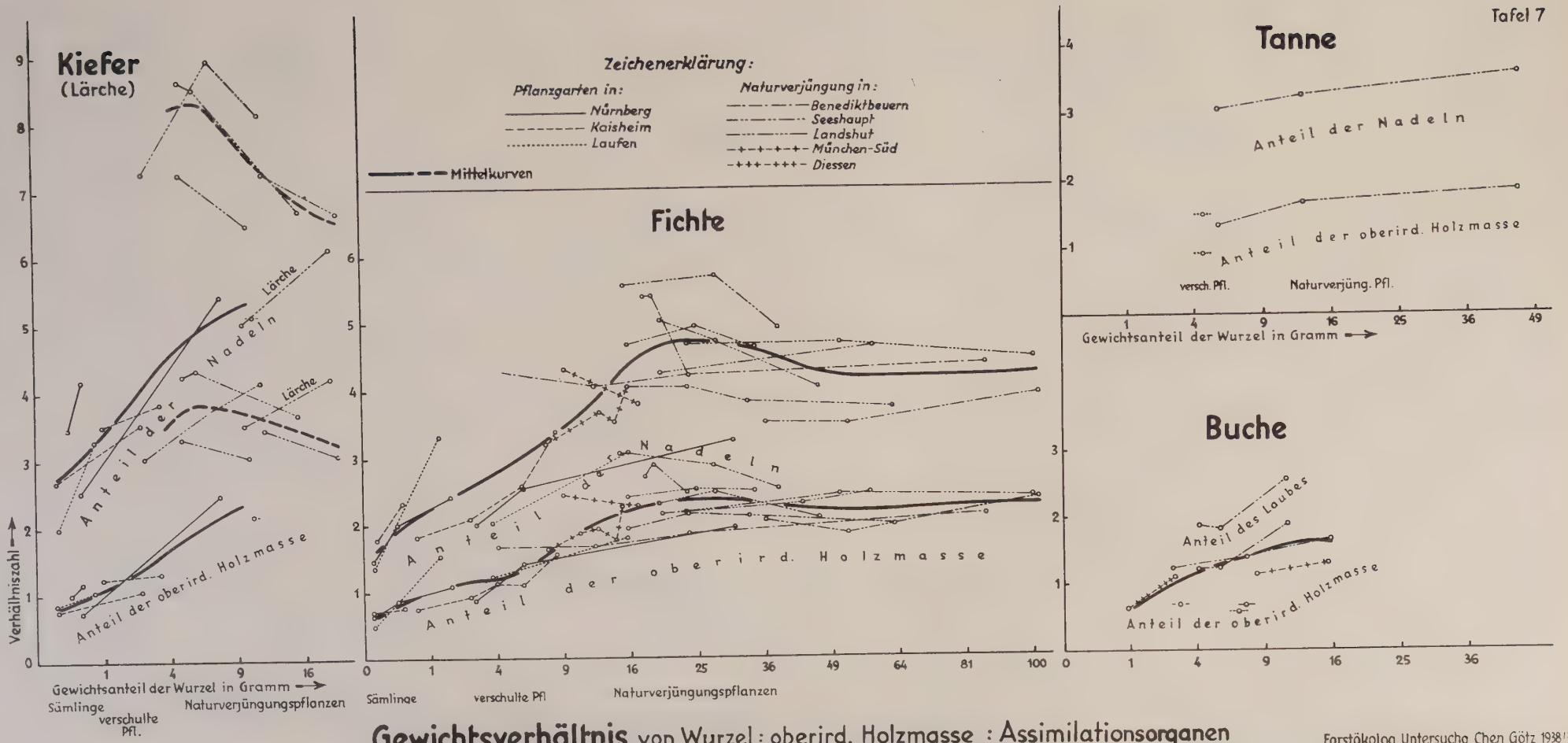
Forstökolog. Untersuchg. Götz, Chen
1938/39
Münchener Inst. f. Bodenkunde u Standortslehre

Tafel 6a



Gewichtsverhältnis von Wurzel : oberird. Holzmasse : Assimilationsorganen **bei verschiedenem Alter** in Prozenten der Gesamtholzproduktion.

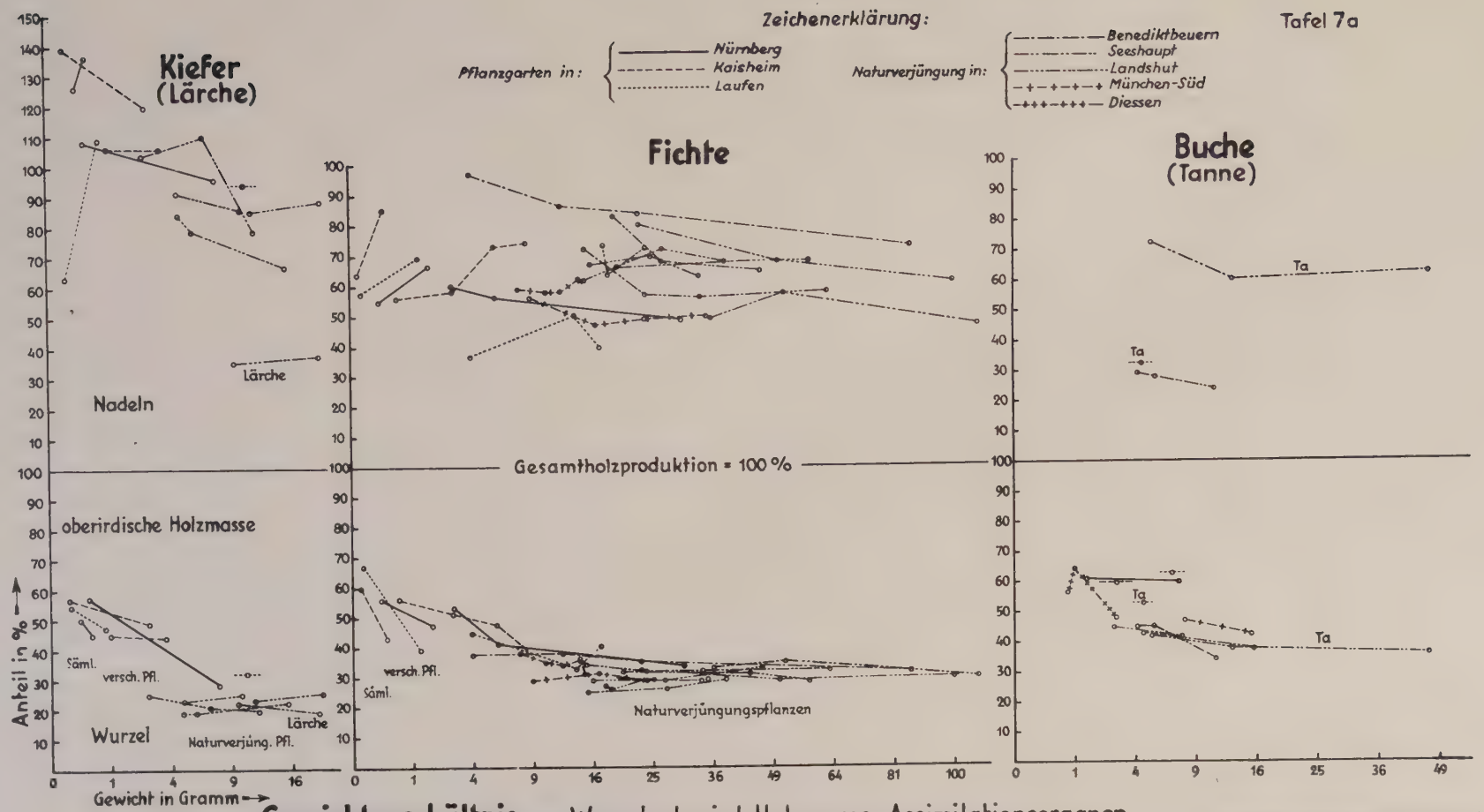
Forstökolog. Untersuchg. Chen, Götz
1938/39
Münchener Inst. f. Bodenkunde u. Standortslehre



Gewichtsverhältnis von Wurzel : oberird. Holzmasse : Assimilationsorganen
bei verschiedenem Gewicht (Wurzelmasse = 1)

Forstökolog. Untersuchg. Chen, Götz 1938/39
Münchener Institut f. Bodenkunde u Standortslehre

Tafel 7a



Gewichtsverhältnis von Wurzel : oberird. Holzmasse : Assimilationsorganen **bei verschiedenem Gewicht** in Prozenten der Gesamtholzproduktion.

Forstökolog. Untersuchg. Chen, Götz 1938/39
Münchener Inst. f. Bodenkunde u. Standortslehre

Dabei fällt sofort der hohe Wurzelanteil in Benediktbeuern und der durchschnittlich niedrige Anteil in Landshut auf. Das Ergebnis steht im umgekehrten Verhältnis zu unseren Erwartungen. Wir glaubten, daß die Fichte bei der günstigen Feuchtigkeitsversorgung in Benediktbeuern weniger Wurzelmasse nötig habe, um ihren Bedarf an Wasser und Nährstoffen zu decken, als im niederschlagsärmeren Landshut. Die niederschlagsmäßig zwischen diesen beiden Extremen liegenden Standorte Seeshaupt und München-Süd nehmen auch in ihren Wurzelanteilzahlen eine Mittelstellung ein.

Bei dem Standort 1 in Benediktbeuern handelt es sich um einen hervorragenden Fichtenstandort, was daraus hervorgeht, daß der frühere Altbestand Höhen bis zu 40 m aufwies; in Landshut dagegen haben wir durchschnittlich mittlere Fichtenstandorte vor uns. Nach all dem scheinen wir in Widerspruch zu geraten zur geltenden und auch von uns für die Pflanzgartenpflanzen als richtig befundenen Theorie, daß die Pflanzen auf günstigem Standort weniger Wurzelmasse und dafür mehr oberirdische Masse erzeugen.

Trotzdem scheinen sich diese Widersprüche in unserem Fall bis zu einem gewissen Grad erklären zu lassen. Es ist doch so, daß ein für die Gesamtmassenproduktion besonders günstiger Standort nicht immer auch für das Wachstum der Jungpflanzen günstig sein muß. Denken wir nur an die Unkrautbedrängung der Forstpflanzen auf besten Standorten oder betrachten wir manche anmoorige oder sonst vernäßte Böden des Alpenvorlandes, wo die Fichte gute Massen und auch gute Qualitäten erzeugt, wo sie jedoch in der Jugend sehr unter der physikalischen Ungunst des Bodens (Luftarmut durch ein Zuviel an Wasser) oder auch durch Spätfröste zu leiden hat und sich anfangs nur langsam entwickeln kann. Bei einem Übermaß an Feuchtigkeit wird der Standort für die Fichte erst dann günstig, wenn der Boden durch die Pumpwirkung der Wurzeln genügend entwässert und damit zugleich besser durchlüftet wird. Zur möglichst schnellen Erreichung dieses Zieles wird vielfach die Schwarzerle als Hilfsholzart vorgebaut. Erst späterhin kann die Fichte das reichlich zur Verfügung stehende Wasser voll für ihren Zuwachs ausnützen. Ein ähnlicher Fall scheint uns in Benediktbeuern gegeben zu sein. Wir haben es hier mit einem feuchten, schluffigen Feinsandboden mit Auflage-Humus zu tun, der schlechte Durchlüftungsverhältnisse aufweist (Rostfleckigkeit). Der Boden zeigt physikalisch eine starke Ähnlichkeit mit dem des Pflanzgartens Kaisheim, wo wir ebenfalls besonders hohe Wurzelanteile bekamen. In Benediktbeuern mag daneben noch der Umstand eine Rolle spielen, daß die Vegetationszeit durch die längere Schneelage - es handelt sich obendrein um einen Nordhang - verkürzt ist und dadurch der Wurzelapparat die nötigen Nährstoffe in kürzerer Zeit beischaffen muß. Auch B u r g e r ((15); siehe Literaturbesprechung S. 18) zeigte, daß ein Flyschboden von ähnlicher physikalischer Beschaffenheit sich für die erste Jugendentwicklung der Fichte wenig günstig erwies.

Der durchschnittlich geringe Wurzelanteil in Landshut läßt sich vielleicht umgekehrt erklären. Wir haben hier zwar durchlässige Böden bei geringen Niederschlägen, die - wie die geringeren Bonitäten beweisen - die Feuchtigkeits- und Nährstoffversorgung eines Fichtenstangenholzes oder eines Fichtenaltbestandes nicht mehr so optimal sicher stellen. Für die jungen Pflanzen dagegen reicht die zur Verfügung stehende Feuchtigkeit aus, außerdem zeigen die Böden eine bessere Durchlüftung, die Vegetationszeit ist etwas länger, die Wurzeln sind also in ihren Aufgaben nicht gehemmt und können dadurch zunächst verhältnismäßig kleiner bleiben. Eine Parallele zu den Ergebnissen bei Landshut haben wir in gewissem Sinn im Pflanzgarten Nürnberg vor uns. In Nürnberg haben die Fichten - wie beschrieben - durchschnittlich weniger Wurzelmasse wie in Kaisheim und gedeihen hier insgesamt offensichtlich besser. Dagegen ist ganz sicher, daß ein Fichtenaltbestand auf den Böden der beiden Pflanzgärten in Kaisheim eine bessere Bonität erreichen würde als auf dem Nürnberger Grobsandboden.

Außerdem hat der Unterschied in der Wurzelmasse zwischen Benediktbeuern und Landshut (wie auch zwischen Kaisheim und Nürnberg) vielleicht noch einen anderen Grund: Es liegt die Vermutung nahe, daß in lockerer Erde ein zarteres Wurzelsystem entwickelt wird - wie das auch unsere Nürnberger Pflanzen deutlich zeigen -, während in zähen oder steinigen Böden zur Überwindung der größeren mechanischen Widerstände wohl derbere Wurzeln gebildet werden müssen (vergl. auch Hoffmann (20) S.72). Da nun für die Nährstoffaufnahme nicht das Gewicht der Wurzelmasse, sondern die Oberfläche der Feinwurzeln ausschlaggebend ist, erreicht die Pflanze im lockeren Boden vermutlich schon mit einer geringeren Wurzelmasse dieselbe Leistungsfähigkeit wie im schweren Boden mit einer gewichtsmäßig größeren Wurzelproduktion.

Aus den beiden Gedankengängen, die wir vorstehend zur Erklärung der Widersprüche herangezogen haben, ergibt sich, daß unter Umständen ein an jungen Holzpflanzen gemessenes relatives Wurzelgewicht wohl nicht als u n b e d i n g t e r Weiser für die Güte des forstlichen Standorts gewertet werden darf:

1) weil das relative Wurzelgewicht - wie unsere Ergebnisse vermuten lassen - nicht nur von der Standortsbonität, sondern auch vom verschiedenen Bodenwiderstand bestimmt wird, das heißt also, daß z.B. ein mittlerer Standort mit lockerem Sandboden eine relativ geringere Wurzelmasse hervorbringen könnte als ein günstiger Standort mit (dichterem) Lehmboden;

2) weil, auch wenn bei j u n g e n Holzpflanzen ein relativ geringer Wurzelanteil die Folge des für s i e günstigen Standortes ist, ein gutes Jugendwachstum nicht immer den Schluß zuläßt, daß auch im Stangen- und Baumholzalter eine gute Bestandesbonität erreicht wird.

Die gleichmäßige, verhältnismäßig rasch ansteigende Gewichtszunahme der

Fichtenpflanzen in Benediktbeuern mit zunehmendem Alter ist dadurch bedingt, daß die dortige Fläche schon seit fünf Jahren vollen Lichtgenuß hat, während wir es bei den übrigen Standorten mit Pflanzen zu tun haben, die noch durch den Bestandesschirm im Wachstum zurückgehalten waren, auch wenn sie derzeit schon freigestellt sind.

Das Verhältnis der Nadelmasse zur Gesamtholzmasse ist bei den einzelnen Standorten noch weit mehr verschieden als das Verhältnis von Wurzel zu Stamm (siehe Tabelle S.44). Zunächst besteht die Frage, ob eine Entwicklungstendenz mit steigendem Alter und zunehmendem Gewicht festzustellen ist. Es ergibt sich bei einem Überblick über unsere kreisförmigen Darstellungen ganz klar, daß bei den (gegenüber den Pflanzgartenpflanzen älteren) Naturverjüngungspflanzen im Durchschnitt mit steigendem Alter und steigendem Gewicht der Anteil der Nadelmasse abnimmt. Am klarsten erscheint uns diese Beziehung wieder in Benediktbeuern, wo die Nadelmasse von 97 % bei den durchschnittlich 4,5 jährigen auf 73 % bei den 12,1 jährigen zurückgeht. Weiterhin zeigt sich diese Erscheinung deutlich auch beim Standort 2 in Seeshaupt und bei den Standorten 13a, 13b und 16 in Landshut. Bei den übrigen treffen wir unregelmäßigere Schwankungen. Es ist klar, daß eine solche Entwicklungsrichtung im allgemeinen nur dort besonders eindeutig hervortritt, wo die Alters- und die Gewichtsunterschiede zwischen den Vergleichspflanzen von größerem Ausmaß sind. Vor allem letztere Vorbedingung ist aber infolge des entwicklungshemmenden Schirmstandes bei unseren Naturverjüngungspflanzen vielfach nicht in ausreichendem Maße gegeben.

Wir können weiter sagen - was sich mehr oder weniger schon aus den vorstehenden Betrachtungen ergibt -, daß der Nadelanteil in enger Beziehung zum Wurzelanteil steht und vielfach mit diesem fällt oder steigt. Diese Feststellung muß insofern etwas eingeschränkt werden, als sie nur durchschnittlich, und allgemein nur für Pflanzen ein und desselben Standortes gilt. In Benediktbeuern tritt die besprochene Beziehung ganz klar heraus. Ebenso eindeutig ist sie bei den beiden Standorten in Seeshaupt und bei den Standorten 13a und 13b in Landshut; außerdem finden wir sie aber auch noch anderwärts angedeutet.

Bei einem Überblick über unsere vier Untersuchungsorte (siehe Tabelle S.44) finden wir, daß Benediktbeuern mit einer Nadelmasse von 85 % (im Verhältnis zur Holzmasse) mit ganz großem Abstand den höchsten Nadelanteil aufweist. Gleichzeitig hat Benediktbeuern - wie bereits ausgeführt - auch den höchsten Wurzelanteil. Dagegen hat nicht etwa Landshut - wie nach seinem geringen Wurzelprozent zu erwarten wäre - sondern mit Abstand München - Süd und Seeshaupt den geringsten Nadelanteil aufzuweisen und zwar hat München - Süd im Mittel 55 und Seeshaupt 56 % Nadelmasse, während Landshut 69 % Nadeln besitzt. Es besteht also keine absolute Beziehung zwischen Nadelanteil und Wurzelanteil, wenn es sich um verschiedene Standorte handelt.

Während sich die vier Orte im Wurzelanteil maximal nur um 7 % unterscheiden, differieren die Nadelanteile um 30 %. Der Nadelanteil ist also größeren Schwankungen ausgesetzt als das Verhältnis von Wurzel zu oberirdischem Holzteil.

Der hohe Anteil der Nadelmasse in Benediktbeuern läßt sich vielleicht ähnlich wie der dort auftretende hohe Wurzelanteil durch die physikalische Ungunst des Bodens und durch die kurze Vegetationszeit erklären und zeigt ebenfalls eine gewisse Parallele mit dem relativ hohen Nadelanteil in Kaisheim. Wenn aber in Landshut gleichzeitig der absolut geringste Wurzelanteil und ein relativ hoher Nadelanteil auftritt, so könnte - wie ausgeführt - der geringe Wurzelanteil vielleicht durch die größere Lockerheit des Bodens erklärt werden, während der relativ höhere Nadelanteil eben darauf hinweist, daß - trotz der geringen Wurzelmasse - der Standort Landshut auch für die j u n g e Fichte nicht so optimal ist wie der in Seeshaupt oder München-Süd, wo zwar wegen des lehmigen und damit relativ dichteren Bodens ein höherer Wurzelanteil, aber - als Ausfluß des günstigen Standorts - der weitaus geringste Nadelanteil unserer Standortsreihe ausgebildet wird.

b) Vergleich zwischen den untersuchten Standorten im einzelnen.

In München - Süd und Landshut haben wir Pflanzen auf sehr unterschiedlichen Bodenarten entnommen, von Seeshaupt und Landshut haben wir möglichst vergleichbaren Böden Pflanzen unter Schirm und solche ohne Schirmstand, also Pflanzen mit stark verschiedenem Lichtgenuß und damit verschiedener Wurzelkonkurrenz und Feuchtigkeitsversorgung hereingeholt, um zu sehen, welche Unterschiede sich daraus für die von uns zu untersuchenden Gewichtsverhältnisse ergäben.

Die beiden Standorte (9 und 10) in München - Süd[+] unterscheiden sich dadurch, daß wir bei Standort 9 einen mäßig frischen, flachgründigen, kieshaltigen feinsandigen Hochterassen-Schotterverwitterungsboden vor uns haben, der schon in 2,5 dm Tiefe Kalksteine hat, während der Standort 10 einen frischen, tiefgründigen Staublehmboden mit sehr geringer Kiesbeimengung aufweist. Im ersten Fall haben wir 15 %, im zweiten 25 % Licht festgestellt. Der durch die etwas stärkere Auflichtung hervorgerufene Standortsunterschied tritt klar, wenn auch nur schwach in der absoluten Gewichtsentwicklung in Erscheinung, ist aber wohl nicht so bedeutsam, daß er auf das Verhältnis der einzelnen Pflanzenteile zueinander von stärkerem Einfluß sein könnte. Vielmehr scheint in dieser Hinsicht der Unterschied in der Bodenart, vor allem aber in der Tiefgründigkeit und Frische der Böden entscheidend zu sein. Bei dem ungünstigerem Standort 9 ergibt sich ein durchschnittlicher Wurzelanteil von 35 % und ein Nadelanteil von 60 %, bei dem günstigeren Standort 10 ein Wurzelanteil von nur 29 % und

+) siehe Tafel 3, S.44/45.

ein Nadelanteil von nur 50 %. Es sind also große, ganz klare Unterschiede, die sich hauptsächlich auf die verschiedene Standortsgüte zurückführen lassen. Das hier bei dem günstigeren Standort vorgefundene Nadelprozent von 50 ist überhaupt das kleinste von allen untersuchten Standorten! In Hinsicht auf das verhältnismäßig sehr hohe Wurzelprozent beim Schotterverwitterungsboden möchten wir auf die Möglichkeit hinweisen, daß hiefür vielleicht der durch den Steingehalt bedingte größere Bodenwiderstand oder aber auch der höhere Kalkgehalt mitverantwortlich sein könnte. Bezüglich der Kalkwirkung (siehe auch die Beobachtung bei Kaisheim S.27) und die Angaben K l a u s e n s (4)) wäre es wesentlich, in weiteren Untersuchungen zu verfolgen, ob bei höherem Kalkgehalt des Bodens wirklich - im Gegensatz zum Einfluß anderer Nährstoffe - der Wurzelanteil zunimmt.

Für Landshut (siehe Tafel 4)+), wo wir die Fichte an sechs verschiedenen Stellen untersucht haben, geben wir noch einmal eine gedrängte Standortsübersicht:

Standort	Mineralboden	Humusauflage			Lichtgenuß
12	mfr(mtr),lo,h lS,	- 0,5 dm	Mo +	p_H 4,9	20 %
13a	mtr,po'kiS,	- 0,1 dm	Mo		40 %
13b	mtr,po'kiS,	0,2-0,3dm	Mo -	p_H 4,1	40 %
14	mfr/mtr,ki gS,	- 0,2 dm	Mo	p_H 4,0	75 %
15	mfr, ki'' StbL,	- 0,2 dm	Mo	p_H 4,4	80 %
16	fr,ki'' StbL,	- 0,2 dm	Mo +	p_H 4,6	85 %

Erklärungen der Abkürzungen:

fr	= frisch	lo	= locker
mfr	= mäßig frisch	h	= humos
mtr	= mäßig reocken	l	= lehmig
po'	= podsolig	S	= Sand
ki	= kiesig	gS	= Grobsand
ki	= sehr kiesig	StbL	= Staublehm
ki''	= schwach kieshaltig	Mo	= Moder

Der Bodenart und dem Lichtgenuß nach scheinen direkt vergleichbar die Standorte 15 und 16. Der Standort 16 ist dank seiner Nordwestlage noch etwas frischer und im Humuszustand etwas günstiger als der sanft nach Süden geneigte Standort 15. Obwohl die Fichten bei 15 durchschnittlich etwas größer sind, weisen sie doch mehr Wurzelmasse(31 %)auf als die des günstigeren Standorts 16 (27 %). Der günstigere Standort hat also wiederum einen geringeren W u r z e l a n t e i l zur Folge. Der Nadelanteil ist beim Standort 16 dagegen etwas höher, was sich durch die kleineren Pflanzen erklärt. Auffällig ist, daß die beiden Standorte, die bodenpysikalisch eine gewisse Ähnlichkeit mit dem Standort 10 in München - Süd haben, durchschnittlich ein Nadelprozent von

+) S.44/45.

68 aufweisen, während der Staublehmstandort in München - Süd nur 50 % Nadeln hat.

Eine Vergleichbarkeit besteht weiter zwischen den Standorten 13a und 13b, die im selben Bestand beisammenliegen. Der Unterschied zwischen den beiden liegt darin, daß wir bei 13a eine geringere, besser zersetzte, bei 13b eine etwas stärkere, weniger gut aufgeschlossene Moderauflage haben. Wenn aber 13a im Durchschnitt einen etwas höheren Wurzel- und Nadelanteil aufweist, so liegt das hier wohl an der verschiedenen Pflanzengröße.

Wie bei 13a und 13b haben wir auch bei Standort 14 einen Sandboden vor uns. Der Standort 14 hat einen gröberen Sand und eine viel stärkere Feinkiesbeimengung und scheint wegen des geringeren Schirmstandes (75 % Lichtgenuß gegen 40 % bei Standort 13) frischer und damit für die Jungpflanzen günstiger zu sein. Infolgedessen hat er auch einen bedeutend geringeren Wurzel- und Nadelanteil aufzuweisen. Ganz besonders auffällig ist aber doch der außerordentlich geringe Wurzelanteil von durchschnittlich nur 26 %. Ausgerechnet ein stark kiesiger Grobsand hat damit das kleinste Wurzelprozent aller von uns untersuchten Standorte und könnte damit - wenn wir nach der aus unseren Pflanzgartenergebnissen abgeleiteten Regel gehen wollten - einen besonders günstigen Fichtenstandort vortäuschen. Wenn auch dieser Standort für junge Fichten mit verhältnismäßig geringem Wasserverbrauch, wie ausgeführt, bedeutend günstiger zu bewerten ist als für einen Fichtenbestand, so ist damit allein der außerordentlich geringe Wurzelanteil noch nicht ganz erklärt. Um sicher zu gehen, daß keine Untersuchungsfehler unterlaufen waren, haben wir das noch vorhandene Material dieses Standorts genau daraufhin überprüft, ob nicht etwa beim Ausgraben Wurzelverluste vorgekommen wären; wir haben aber keine irgendwie ins Gewicht fallenden Beschädigungen gefunden. Es ist also wahrscheinlich, daß auch hier der geringe Wurzelanteil durch den geringen Bodenwiderstand (Grobsand und Feinkies) mitbedingt ist.

Zum Schluß sollen noch die Ergebnisse unserer Untersuchungen über die Auswirkung verschiedenen Lichtgenusses auf den Wurzel-, Stamm- und Nadelanteil der Naturverjüngungsfichten kurz besprochen werden. Zur Erleichterung eines Vergleiches in dieser Hinsicht möge nachstehende Tabelle dienen, in der annähernd vergleichbare Standorte einander gegenüber gestellt sind:

Ort	Seeshaupt		München	Landshut	Landshut		
Standort	2	3	10	15 / 16	12	13 a,b	14
Bodenart	L+)	L	StbL	StbL	hlS	kiS	kigS
Licht %	40	90	25	80	20	40	75
Wurzel %	33	33	30	29	29	31	26
Stamm %	67	67	70	71	71	69	74
Gesamtholz %	100	100	100	100	100	100	100
Nadeln %	61 (57)	51	50	68	67	71	67

+) Erklärung der Abkürzungen siehe S. 49.

Standort 2 und 3 sind absolut vergleichbar. Beim Vergleich zwischen München und Landshut ist zu bedenken, daß es sich dabei zwar um pysikalisch ähnliche Böden, aber um klimatisch verschiedene Standorte handelt. Bei den Landshuter Sandböden sind nach der Bonität des Altbestandes 13a, b und 14 einigermaßen gleichwertig, während der Standort 12 etwas günstiger ist.

Da die Pflanzen auf dem Standort 3 in Seeshaupt durchschnittlich älter und größer sind als auf dem dortigen Standort 2, müßten sie an sich einen geringeren Wurzelanteil aufweisen. In Seeshaupt hätten wir also wegen der Gleichheit des Wurzelanteils auf beiden Standorten eine gewisse Erhöhung des Wurzelanteils bei höherem Lichtgenuß anzunehmen. Beim zweiten Vergleich - zwischen München und Landshut - zeigt sich jedoch deutlich das Gegenteil, während beim Vergleich der Landshuter Standorte unter sich überhaupt keine Tendenz festgestellt werden kann. Ein allgemeiner Einfluß des Lichtgenusses auf die Gestaltung des Verhältnisses von Wurzelmasse zu oberirdischer Holzmasse konnte also bei unseren Untersuchungen nicht erkannt werden. Ebenso geht ein solcher Einfluß auf den Nadelanteil aus unseren Zahlen nicht eindeutig hervor.

2) K i e f e r

Zu Untersuchungen an Naturverjüngungskiefern hatten wir in Landshut Gelegenheit. Wir haben auf vier verschiedenen Standorten (Tafel 5)+) Kieferpflanzen entnommen und zwar aus Mischverjüngungen von Fichte und Kiefer, aus denen auch zum größten Teil unsere Fichten stammen. Wegen einer eingehenden Orientierung über die in Frage kommenden Standorte sei auf unsere ausführliche Standortsbeschreibung verwiesen.

Die folgende Zusammenstellung gibt einen kurzen Überblick der Ergebnisse unserer Untersuchungen bei den Kiefernnaturverjüngungspflanzen (zur Raumersparnis sind die erst später zu besprechenden Ergebnisse für die Lärche mitaufgeführt).

	Kiefer				Lärche
Standort	13a	14	15	16	17
Bodenart	kiS++)	ki gS	StbL	StbL	StbL
Licht %	40	75	80	85	95
Wurzel %	24	24	22	20	21
Stamm %	76	76	78	80	79
Nadeln %	89	86	98	76	36

+) siehe S.52/53.
++) Erklärung der Abkürzungen siehe Seite 49.

Absolut gesehen ist der Anteil der Wurzelmasse an der Gesamtholzmasse bei der Landshuter Kiefer außerordentlich gering. Während er bei Fichte im Durchschnitt derselben Standorte 29 % betrug, beträgt er bei Kiefer nur rd. 22 %, obwohl die Kiefern jünger und kleiner sind +), weil sie im Gange der Naturverjüngung wegen ihres Lichtbedürfnisses erst später ankommen konnten. Die Feststellung, daß die Kiefer weniger Wurzelmasse hat als die Fichte, stimmt ganz mit unseren Beobachtungen bei älteren Pflanzgartenpflanzen überein.

Der Einfluß des Alters und des Pflanzengewichts auf das Verhältnis von Wurzel zu Stamm äußert sich hier nicht eindeutig in einer Abnahme dieses Verhältnisses. Wir haben auf drei Standorten eine zwischen 2 und 3 % betragende Zunahme des relativen Wurzelgewichts mit Alter und Größe der Pflanzen zu verzeichnen; nur in einem Fall (Standort 15) tritt klar eine Abnahme des Wurzelanteils um 5 % auf.

Betrachten wir zu diesen Erscheinungen unsere zusammenfassende Tafel 6, ++) so treffen wir bei den jüngeren (Pflanzgarten-) Kiefern zunächst ein langsames, dann ein rasches Ansteigen des Anteils an oberirdischer Masse bis zu einem Höhepunkt, bei den älteren jedoch - als Ausfluß der oben erwähnten Zahlen - eine schwach entgegengesetzte Entwicklungsrichtung (auf Tafel 6 gestrichelt). Schon bei Fichte fanden wir eine Andeutung dieser Tendenz, während sie nunmehr bei Kiefer in drei bis vier Fällen deutlich in Erscheinung tritt. Aus diesen Gründen wird wohl kaum mehr an einen Zufall zu denken sein, wenn wir auch annehmen, daß dieses Absinken des Anteils der oberirdischen Holzmasse späterhin nicht anhält, sondern vielmehr ein gewisser Gleichgewichtszustand zwischen Wurzelmasse und oberirdischer Masse erreicht werden wird.

Auf Tafel 6a ++) zeigen die Naturverjüngungspflanzen bei anderer Darstellungsweise nach Erreichung eines Tiefpunktes wieder einen schwachen Anstieg des Wurzelanteils. Es wäre in weiteren Untersuchungen zu ermitteln, ob diese Ausbildung eines Minimums im Wurzelanteil bei Naturverjüngungspflanzen bzw. überhaupt bei Schlagpflanzen wirklich eine allgemeine Erscheinung ist. Erklären ließe sie sich auf zweierlei Art:

1) Nachdem in der ersten Entwicklungszeit der Pflanze zunächst ein hoher Wurzelanteil ausgebildet wird, wird mit dieser guten Produktionsgrundlage in der Folge relativ mehr oberirdische Holzmasse erzeugt; der Anteil der Wurzelmasse sinkt bis zu einem Tiefpunkt (Minimum). In diesem Zeitraum sind für die Kiefernnaturverjüngung die Ernährungsbedingungen optimal, weil durch die Räumung des früheren Altbestandes eine besere und schnellere Nitrifikation des Auflagehumus mit einer besseren Feuchtigkeits- und Lichversorgung Hand in Hand geht. In der Folge wird aber nach Abbau der vom Altbestand hinterlassenen Humusstoffe die Nährstoffversorgung wieder etwas schwieriger, dies wohl auch wegen der zunehmenden Wurzelkonkurrenz durch andere junge Holzpflanzen

---

+) Alter und Gewicht der Naturverjüngungskiefern bzw. - fichten ist aus den Tafeln 5 bzw. 4 zu ersehen.

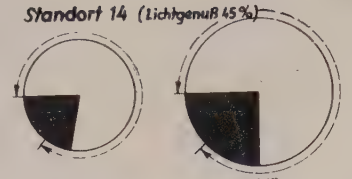
++) siehe S.44/45.

Kiefer

Landshut — Standort 13a (Lichtgenuß 40%)

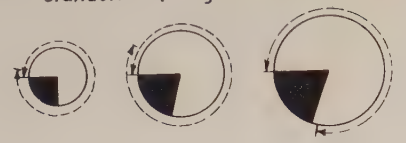
1. Alter:	6,3 jä	10,3 jä
2. Gewicht (gr):	4,7	10,3
3a. Verh. Zahl:	1 : 3,3 : 3,9	1 : 3,0 : 3,5
b. Verh. %:	23 : 77 : 91	25 : 75 : 86
4. Zahl d. Pfl.	20	8

Standort 14 (Lichtgenuß 45%)



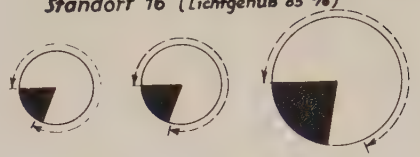
	7,0 jä	10,4 jä
	11,6	20,4
	1 : 3,4 : 3,8	1 : 3,1 : 3,6
	23 : 77 : 85	25 : 75 : 88
	14	9

Standort 15 (Lichtgenuß 80 %)



	4,4 jä	6,0 jä	7,8 jä
	2,6	6,7	11,2
	1 : 3,1 : 4,2	1 : 3,8 : 5,2	1 : 4,1 : 4,0
	25 : 75 : 104	21 : 79 : 110	20 : 80 : 79
	11	8	8

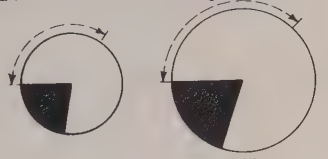
Standort 16 (Lichtgenuß 85 %)



	4,0 jä	5,0 jä	6,5 jä
	4,8	5,7	15,0
	1 : 4,3 : 4,4	1 : 4,3 : 4,2	1 : 3,6 : 3,1
	19 : 81 : 84	19 : 81 : 79	22 : 78 : 67
	€	22	15

Lärche

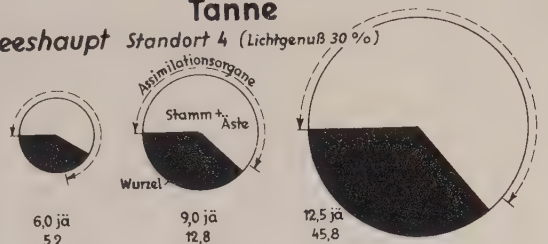
Landshut — Standort 17 (Lichtgenuß 30 %)



1. Alter:	4,7 jä	6,1 jä
2. Gewicht (gr):	9,4	19,3
3a. Verh. Zahl:	1 : 3,6 : 1,5	1 : 4,2 : 1,9
b. Verh. %:	22 : 78 : 35	19 : 81 : 37
4. Zahl d. Pfl.	17	6

Tanne

Seeshaupt — Standort 4 (Lichtgenuß 30 %)



	6,0 jä	9,0 jä	12,5 jä
	5,2	12,8	45,8
	1 : 1,4 : 1,7	1 : 1,7 : 1,6	1 : 1,8 : 1,7
	42 : 58 : 72	38 : 62 : 60	36 : 64 : 62
	2	3	6

Esche

Seeshaupt — Standort 6 (Lichtgenuß 35 %)

	3,8 jä	5,0 jä
	8,0	14,1
	1 : 1,5	1 : 1,9
	40 : 60	35 : 65
	10	12

Erle

Seeshaupt — Standort 7 (Lichtgenuß 60 %)

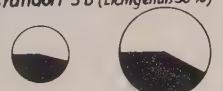
	2,0 jä
	12,6
	1 : 1,1
	49 : 51
	15

Buche belaubt

Seeshaupt — Standort 5a (Lichtgenuß 40 %)

1. Alter:	5,0 jä	6,0 jä	7,9 jä
2. Gewicht (gr):	4,2	5,3	10,8
3a. Verh. Zahl:	1 : 1,2 : 0,6	1 : 1,2 : 0,6	1 : 1,9 : 0,7
b. Verh. %:	45 : 55 : 29	45 : 55 : 29	35 : 65 : 24
4. Zahl d. Pfl.	15	17	10

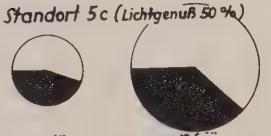
Seeshaupt — Standort 5b (Lichtgenuß 30 %)



	7,7 jä	11,7 jä
	2,7	7,6
	1 : 1,2	1 : 1,4
	45 : 55	42 : 58
	11	11

Buche unbelaubt

Standort 5c (Lichtgenuß 50 %)

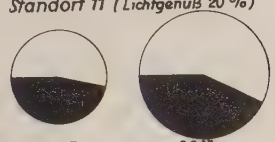


	6,3 jä	12,6 jä
	4,6	15,6
	1 : 1,3	1 : 1,6
	43 : 57	38 : 62
	13	12

Diessen — Standort 8

	3,5 jä	5,6 jä	9,2 jä
	0,9	1,0	2,7
	1 : 0,7	1 : 0,6	1 : 1,1
	58 : 42	64 : 36	49 : 51
	11	9	7

München-Süd — Standort 11 (Lichtgenuß 20 %)



	5,6 jä	8,0 jä
	8,2	15,3
	1 : 1,2	1 : 1,3
	47 : 53	43 : 57
	12	10

Durchschnittsgewicht u. Gewichtsverhältnis von Wurzel : oberird. Holzmasse : Assimilationsorganen in **Naturverjüngungen**

Forstökolog. Untersuchg. Chen. Götz
1938 | 39
Münchener Inst. f. Bodenkunde u. Standortslehre

und Schlagunkräuter. Der Wurzelanteil muß deshalb anteilmäßig wieder zunehmen, um auch unter den nunmehr verschlechterten Verhältnissen die Nährstoffversorgung der Kiefernpflanzen zu sichern.

2) Bei der Raschwüchsigkeit der Kiefer muß die Wurzel bald neben Ernährungsaufgaben in erhöhtem Maße auch Festigungsaufgaben übernehmen. Dadurch wird vielleicht ebenfalls eine relative Gewichtszunahme des Wurzelsystems bedingt.

Klar hebt sich der Einfluß der Bodenart ab: Auf den Sandbodenstandorten (13a und 14) haben wir durchschnittlich 24 % Wurzelanteil, auf den frischeren Staublehmstandorten (15 und 16) im Durchschnitt nur 21 %, ein Unterschied, der bei der Fichte derselben Standorte nicht in Erscheinung tritt. Der Einfluß des frischeren Standorts bei gleicher Bodenart macht sich ähnlich wie bei Fichte bei einem Vergleich des Standortes 15 und 16 geltend. Der frischere Standort 16 weist durchschnittlich um 2 % weniger Wurzelmasse auf, soweit man aus diesem kleinen Unterschied überhaupt etwas schließen darf.

Ein Einfluß des Lichtgenusses auf den Wurzelanteil kann bei einem Vergleich des Standortes 13a und 14 wie bei Fichte nicht festgestellt werden.

Absolut gesehen haben wir bei der Kiefer gegenüber der Fichte ähnlich wie bei den Pflanzgartenpflanzen einen höheren Nadelanteil. Dieser beträgt im Durchschnitt der vier Standorte für Kiefer 87 %, für Fichte 69 %. Es ist jedoch dabei zu bedenken, daß die Kiefernpflanzen kleiner sind und schon aus diesem Grunde normal auch ein höheres Nadelprozent haben müssen.

Die Nadelmasse nimmt mit zunehmendem Alter und zunehmender Größe (siehe Tafel 6a und 7a)+) im Durchschnitt ab. Einwandfrei tritt diese Entwicklungsrichtung (siehe Tafel 5) bei den Standorten 13a und 16 hervor.

Ein Einfluß des Lichtgenusses auf den Nadelanteil läßt sich durch einen Vergleich der Standorte 13a und 14 nicht nachweisen; denn die tatsächlich vorhandenen Unterschiede erklären sich aus den Gewichtsunterschieden der Pflanzen. Auffallend und nicht erklärlich erscheint uns der besonders hohe Nadelanteil bei Standort 15. Der frischere Standort 16, der schon durch den geringsten Wurzelanteil besonders aufgefallen ist, hat parallel dazu den geringsten Anteil an Nadelmasse.

3) L ä r c h e

Die Lärche haben wir als Bestandteil der Naturverjüngung nur auf e i n e m Standort in Landshut (Tafel 5) untersucht. Sie zeigt einen Wurzelanteil (21 %), der genau dem der Kiefer an gleichem Standort (Staublehm) entspricht; diese Übereinstimmung zwischen Kiefer und Lärche im Wurzelanteil hatten wir schon bei den Pflanzgartenpflanzen festgestellt.

Der Gewichtsanteil der Nadelmasse ist wegen der zarteren Nadeln selbstverständlich ein bedeutend geringerer als bei Fichte und Kiefer, nämlich bei den von uns untersuchten, durchschnittlich 5 1/2 Jahre alten und 12 Gramm schweren Pflanzen 36 %.

+) S.44/45.

4) Tanne

Bei Untersuchungen an Naturverjüngungstannen besteht die große Schwierigkeit, daß man nur sehr schwer Pflanzen bekommt, die nicht vom Wild verbissen sind. Wir haben die Untersuchungen an solchen verbissenen Pflanzen als unbrauchbar aus unserer Darstellung weggelassen und nur die Zahlen einbezogen, die von einer eingezäunten, natürlich verjüngten Tannengruppe mit 30 % Lichtgenuß in Seeshaupt (Tafel 5) stammen.

Wie erwartet, zeigt die Tanne auch hier absolut einen hohen Wurzelanteil. Die durchschnittlich 10 Jahre alten und 20 Gramm schweren Pflanzen haben ein Wurzelprozent von durchschnittlich 38, ein Anteil, der bedeutend höher liegt als bei vergleichbaren Kiefern und Fichten. Der Nadelanteil liegt bei den Naturverjüngungstannen im Durchschnitt bei etwa 63 %, also ganz ähnlich wie bei den größeren Fichten in Seeshaupt. Wenn wir aber die im Schatten erwachsenen Naturverjüngungstannen mit den Pflanzgartentannen von Laufen vergleichen, so fällt auf, daß die Tanne von Laufen - obwohl jünger und kleiner - einen Nadelanteil von nur 32 % aufweist! Der dortige Wurzelanteil mit 53 % paßt jedoch wieder gut zu den Zahlen von Seeshaupt, wenn man das verschiedene Alter berücksichtigt.

Die Tanne in Seeshaupt zeigt mit wachsendem Alter und zunehmender Größe ganz eindeutig die Abnahme des Wurzel- und Nadelanteils , und zwar nimmt der Wurzelanteil von den 6-jährigen bis zu den 12-jährigen von 42 auf 36 %, der Nadelanteil von 72 auf 62 % ab.

5) Buche

Buchen wurden in Seeshaupt, Diessen und München - Süd (Tafel 5) entnommen. In Seeshaupt haben wir die Buche am selben Waldort im belaubten Zustand (am 21.VI.) und vorher im unbelaubten Zustand (am 29.IV.) ausgegraben. Wir bekamen dabei zwischen den zu verschiedener Zeit entnommenen Pflanzen keine offensichtlichen Unterschiede im Gewichtsverhältnis von Wurzel zu oberirdischer Holzmasse. Die Entnahmezeit scheint demnach bei Buche dieses Gewichtsverhältnis nicht wesentlich zu beeinflussen.

Im unbelaubten Zustand wurden Buchen mit 30 % und solche mit 50 % Lichtgenuß verglichen. Der höhere Lichtgenuß hatte nur eine Steigerung der absoluten Pflanzengröße zur Folge, aber keine sichtlichen Verhältnisunterschiede.

Bei allen untersuchten Buchenstandorten läßt sich die Abnahme der Wurzelmasse mit dem Alter und mit der absoluten Größe einwandfrei feststellen (siehe auch Tafel 6, 6a, 7, 7a)+). Die Untersuchungen im belaubten Zustand zeigen ebenso die Abnahme des Laubanteils bei größeren und älteren Pflanzen.

Die Seeshaupter Buche zeigt annähernd denselben Wurzelanteil wie die bei gleichem Lichtgenuß auf anderem Standort hier untersuchte Tanne. Der Anteil

+) S.44/45.

des Laubes bei Buche scheint bei vergleichbarer Holzmasse noch geringer zu sein als der relativ ebenfalls kleine Nadelanteil der Lärche.

In Diessen sind die mit Seeshaupt gleichaltrigen Pflanzen - wohl nur wegen der stärkeren Beschattung durch den Altbestand - kleiner+). Aus diesem Grund ist auch der Wurzelanteil, der in Seeshaupt durchschnittlich 42 % beträgt, hier größer (58 %). Stellen wir jedoch die Seeshaupter u. Diessener Pflanzen dem Gewicht nach zusammen, so reihen sich die Zahlen von Diessen sehr gut vor denen von Seeshaupt ein. Beide Standorte sind erstklassig für Buche geeignet und annähernd gleichwertig.

Die Naturverjüngungsbuchen in München - Süd sind unter dem Schirm von einzelnen Altbuchen aus einem sonst lückigen Bestand entnommen. Dadurch ergab sich bei der Oberlichtmessung nur ein Lichtgenuß von 20 %, während aber diese Pflanzen wegen starken Seitenlichteinfalles wohl mehr Licht zur Verfügung haben und im übrigen weniger durch Wurzelkonkurrenz leiden als die Buchen von Seeshaupt und Diessen. So ist auch ihr verhältnismäßig größeres Gewicht zu erklären. Trotz dieses höheren Gewichtes zeigen sie einen durchschnittlich größeren Wurzelanteil von 45 %, während die gleich schweren Pflanzen in Seeshaupt nur einen solchen von 38 % aufweisen. Dieser Anteilsunterschied scheint offenbar standörtlich bedingt zu sein. Der Münchener Standort ist von geringerer Frische und Güte.

Bei einem Vergleich der Naturverjüngungsbuchen mit den Freilandbuchen der Pflanzgärten fällt uns der durchwegs höhere Wurzelanteil der Pflanzgartenbuchen auf, auch wenn wir gleich schwere Pflanzen nebeneinander halten. Die Naturverjüngungsbuchen haben im Durchschnitt aller Standorte ein ganz ähnliches Gewicht wie die aus Pflanzgärten. Der Wurzelanteil bei der Naturverjüngung ist durchschnittlich 46 %, bei den Pflanzgärten jedoch 61 %. Es bedingt also auch hier -wie wir schon einmal anfangs bei der Fichte festgestellt haben - ein höheres Alter bei gleicher Pflanzengröße einen kleineren Wurzelanteil. Daneben dürften auch die mit der Verschulung verknüpften vorübergehenden Störungen - wie bereits geschildert - mit zum Zustandekommen des höheren Wurzelanteils der Pflanzgartenpflanzen beitragen. (Vielleicht erhöht auch der Freistand von Jugend auf bei der Buche das Wurzelprozent gegenüber den im Schatten erwachsenen Naturverjüngungspflanzen).

6) Esche

Unsere Pflanzen stammen aus natürlichen Verjüngungen in Seeshaupt (Tafel 5)++) und standen bei 35 % Lichtgenuß in einem schmalen Aufhieb zwischen zwei Fichtenbeständen. Auch bei der Esche treffen wir die Abnahme des Wur-

---

+) Die im unbelaubten Altbestand ausgeführte Lichtmessung (siehe Standortsbeschreibung) gibt keinen Anhalt über die tatsächlichen Lichtverhältnisse während der Vegetationszeit.

++) siehe S.52/53.

zelanteils mit Größe und Alter. Wie bei der Buche, so fällt uns auch bei der Esche auf, daß die Naturverjüngungspflanzen im Durchschnitt viel weniger Wurzelmasse haben als die Pflanzgartenpflanzen.

7) Roterle

Von den Naturverjüngungspflanzen vergleichbarer Größe hat die Erle absolut den größten Wurzelanteil, nämlich 49 %. Sie ist aber auch durchschnittlich nur zweijährig und damit die jüngste unserer Naturverjüngungspflanzen. Hier gibt uns also das geringe Alter eine gewisse Erklärung für den außerordentlich hohen Wurzelanteil. Bei einem Vergleich mit den Pflanzgarten- Erlen von Laufen und Kaisheim scheint der Wurzelanteil unserer Naturverjüngungserlen bei Berücksichtigung des absoluten Gewichts der Pflanzen ganz normal. Der im Verhältnis zur Buchen- und Eschennaturverjüngung hohe Wurzelanteil ist vielleicht auch auf den absolut ungünstigeren Standort (Luftarmut im Boden) mit zurückzuführen.

Kurze Zusammenfassung der Ergebnisse.

Die Entwicklung der Wurzel- und Nadelmasse junger Holzpflanzen ist abhängig

a) vom Alter und von der Größe (=Gewicht) der Pflanzen.

1.) Im 1.Lebensjahr ist vermutlich fast bei allen Holzpflanzen das Gewicht der Wurzeln größer als das der oberirdischen Holzmasse (siehe Tafeln 1 und 2, S.26/27 bzw. S.30/31).

2.) Mit zunehmendem Alter sinkt der Anteil der Wurzelmasse an der Gesamtholzproduktion zunächst rasch, dann langsamer und scheint schließlich einem - nach Holzart und Standort verschiedenen - festen Verhältnis zuzustreben (siehe Tafel 6a, S.44/45).

3.) In ähnlicher Weise sinkt der Wurzelanteil mit zunehmender Pflanzengröße (siehe Tafel 7a, S.44/45).

4.) Die Verschulung bedingt vorübergehend einen Rückschlag in der unter 2.) und 3.) beschriebenen Entwicklungsrichtung und hat zunächst eine Vermehrung der Wurzelmasse zur Folge (siehe Tafel 1).

5.) Das Gewicht der (lufttrockenen) Nadelmasse ist in den ersten Lebensjahren bei Fichte größer als das der oberirdischen Holzmasse, bei Kiefer oft sogar größer als das der gesamten ober- und unterirdischen Holzproduktion zusammen (siehe Tafeln 1 und 6a).

6.) Vom 1. bis zum 2. Lebensjahre nimmt der Anteil der Nadelmasse bei Fichte und Kiefer durchschnittlich zu und geht dann im allgemeinen später-

hin stetig zurück (siehe Tafeln 1 und 6a).

b) von der Holzart:

7.) Die Wurzelmasse der Laubhölzer und der Tanne ist wesentlich größer als die der Kiefer. Lärche und Fichte (siehe Tafeln 1 bis 7, S.44/45 bzw. S.52/53).

8.) Der Wurzelanteil der Fichte - wenigstens in der Jugend - ist größer als der der Kiefer und Lärche (siehe Tafeln 1, und 3 bis 7, besonders 6a).

9.) Der Nadelanteil der Fichte ist - wenigstens in der Jugend - kleiner als der der Kiefer, jedoch bedeutend größer als der der Lärche (siehe Tafeln 1 und 3 bis 7, besonders 6a)

10.) Von den von uns untersuchten Laubhölzern hat die Eiche den größten Wurzelanteil (siehe Tafel 2).

c) vom Standort:

11.) Die standortsbedingten Unterschiede sind beim Nadelanteil bedeutend größer als beim Wurzelanteil (siehe Tafeln 6a und 7a).

12.) Auf für das Jugendwachstum einer Holzart günstigem Standort wird im allgemeinen weniger Wurzelmasse und weniger Nadelmasse gebildet als auf ungünstigem (siehe auch Tafeln 1 bis 7).

13.) Auf lockerem Boden wird anscheinend ein feineres Wurzelsystem und damit gewichtsmäßig ebenfalls weniger Wurzelmasse gebildet als auf dichtem (s.auch Tafeln 1 bis 7).

14.) Der Wurzelanteil ist deshalb (s. auch die Ausf. S.46 ff) kein unbedingter Weiser für die Güte des forstlichen Standortes.

15.) Der Nadelanteil scheint demgegenüber ein verhältnismäßig besserer Weiser für die forstliche Standortsgüte zu sein.

II.

Untersuchungen über den Einfluß von Licht und Schatten auf die Ausbildung von Nadeln und Blättern (bzw. Trieben):

a. Lichtblattausbildung (Blattgewicht pro Flächeneinheit) verschiedener Laubholzarten aus dem Tharandter Forstgarten.

Der Unterschied zwischen Licht- und Schattenblättern hat schon viele Forstökologen beschäftigt. S t a h l hat zur Kennzeichnung der Lichtblatteigenschaft Blattflächenstücke ausgestanzt und das Trockengewicht - bezogen auf den Quadratdezimeter - als Maßstab benützt.

Für die Untersuchung von Licht- und Schattennadeln hat K r a u s s +) das Milligrammgewicht je laufenden Meter als kennzeichnenden Maßstab eingeführt.

Um für eine größere Anzahl von Laubhölzern eine zahlenmäßige Vorstellung von der Blattdicke zu gewinnen, habe ich mit dem S t a h l 'schen Verfahren Blattproben untersucht, die im Herbst 1931 und 1932 von K r a u s s und D a n z l im Tharandter Forstgarten von zahlreichen Holzarten entnommen und zunächst in Tharandt, seit Ende 1935 im Münchener Bodenkundlichen Institut sorgfältig gelagert worden waren. Die Probenahme war im Herbst und zwar zu Beginn der Laubverfärbung erfolgt, um wirklich voll ausgewachsene Blätter zu erfassen. Nach Möglichkeit waren nur solche Blätter entnommen worden, die im vollen Licht entwickelt waren. Es handelt sich also in der Hauptsache um Lichtblätter.

In Tafel 8 sind die gefundenen Blattgewichte je qdm dargestellt. Die verschiedenen in- und ausländischen Holzarten sind nach steigender Blattdicke angeordnet. Die Gewichte je qdm Blattfläche liegen etwa zwischen 300 und 850 mg.

Alle Acerarten, mit Ausnahme von Acer pseudoplatanus liegen in der unteren Hälfte der Blattdicke, d.h. sie bilden selbst im vollen Licht verhältnismäßig dünne Blätter aus.

Bemerkenswert erscheint, daß eine im Tharandter Forstgarten gewachsene Castanea vesca nahezu die gleiche Blattdicke aufweist wie eine von A.M u s t a f a (J r m a k) aus dem Forstgarten von Büyükdere bei Istanbul entnommene Blattprobe.

Im übrigen sollen diese Untersuchungen aber vorläufig nur dazu dienen, eine Vorstellung zu vermitteln, in welchem Bereich die Blattdicken verschiedener Laubhölzer liegen.

b. Nadelausbildung (Nadelgewicht pro lfd. Meter) bei verschiedenem Lichtgenuß, untersucht an Nadelbäumen des Grafrather Forstgartens.

Die Licht- und Schattenblattausbildung ist neben ihrer Abhängigkeit von der Holzart vor allem durch die Stellung des Blattes am Baum bestimmt.

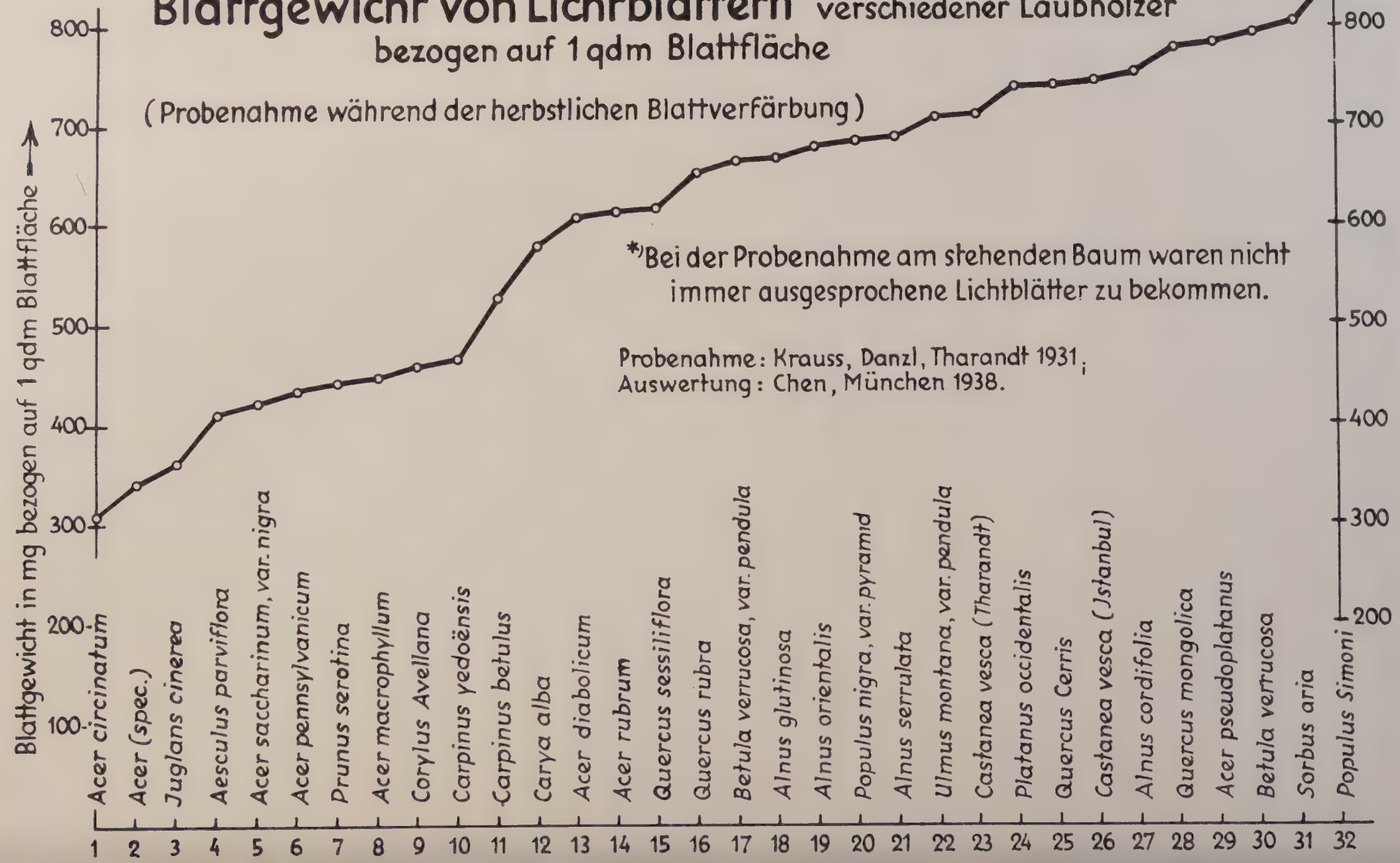
+) siehe die Dissertationen von K. Müller (21) und A. Mustafa (22).

Tafel 8

Blattgewicht von Lichtblättern *) verschiedener Laubhölzer

bezogen auf 1 qdm Blattfläche

(Probenahme während der herbstlichen Blattverfärbung)



*) Bei der Probenahme am stehenden Baum waren nicht immer ausgesprochene Lichtblätter zu bekommen.

Probenahme: Krauss, Danzl, Tharandt 1931;
Auswertung: Chen, München 1938.

Ich habe mit dem im Bodenkundlichen Institut üblichen Stanzverfahren von K r a u s s (s.o.)auch an Nadelhölzern Untersuchungen durchgeführt und zwar an Nadelbäumen des Grafrather Forstgartens.Von jeder Holzart wurden im Januar 1938 Nadelproben aus verschiedener Höhe am Baum entnommen und untersucht. Die gefundenen Nadelgewichte pro lfd. Meter sind in Tafel 9 aufgetragen, wobei auch das verschiedene Nadelalter,das seinerseits ebenfalls das Nadelgewicht beeinflußt, miterfaßt ist. Es ergeben sich sehr kennzeichnende Bilder der Entwicklung von Licht- und Schattennadeln bei den verschiedenen Holzarten.

Bemerkenswert ist,daß zwei Abiesarten aus Ostasien(Japan) - Abies homolepis und Abies Veitchii - bei Nadelentnahme in 8 m Höhe in ihren 2-jährigen Lichtnadeln nahezu ganz zusammenfallen, daß die nordamerikanische Abies grandis unter den Klimabedingungen von Grafrath in ihren Lichtnadeln von den beiden ostasiatischen Tannenarten sich deutlich abhebt, ferner daß die Nadeldicke mit dem Alter bei Abies homolepis und Abies Veitchii rascher anzusteigen scheint als bei Abies grandis u.Abies Nordmanniana. Wenn schon diese wenigen Beispiele überhaupt einer allgemeinen Deutung zugänglich sind, so könnte man vielleicht in diesem Verhalten eine Andeutung dafür sehen, daß die japanischen Tannen aus einem sommerfeuchten Klima im 2. und 3. Jahr in ihrer Nadelverdickung stärker zunehmen als die kaukasische Abies Nordmanniana oder pazifische Abies grandis, die beide aus einem mehr sommertrockenen Klima stammen.

Auffallend ist auch die Spanne zwischen Licht- und Schattennadeln, die bei Abies grandis ausnehmend gering, bei den beiden japanischen Arten dagegen sehr groß ist. Das pazifische Klima ist sowohl im meerferneren Binnenland als auch an der Küste im Hochsommer trocken und wolkenarm (Lichtklima!), das japanische Heimatklima von Abies homolepis und Abies Veitchii dagegen ist ausgeprägt sommerfeucht, was einen wolkenreichen Sommer bedingt. Es ist also für beide Gruppen sowohl die Lichtwirkung als auch die Verdunstungswirkung grundsätzlich verschieden.

Bei der Fichte tritt deutlich die große Spanne zwischen Licht- und Schattennadeln hervor, wenn man z.B. die 1- oder 2jährigen Licht- und Schattennadeln aus 8 bzw. 2 m Höhe am Baum vergleicht.

Im übrigen sollen aber diese wenigen Untersuchungen in der Hauptsache nur zeigen, daß auf diesem Wege der Nadeluntersuchung erbliche Verschiedenheiten der Holzarten aus verschiedenem Klima deutlich faßbar sind.

c. Orientierender Versuch über den Einfluß unterschiedlicher Beschattung auf die Entwicklung von jungen Kiefernpflanzen verschiedener Herkunft.

Bei Untersuchungen Tägers (23) über Licht- und Schattennadeln im Tharandter Institut für Bodenkunde und Standortslehre hatte sich herausgestellt, daß die Licht- und Schattennadelausbildung bei der Kiefer auch bei den verschiede-

nen Herkünften verschieden ist, wenn teilweise Beschattung stattfindet.

Um dieser Frage weiter nachzugehen, wurde 1937 in Schleißheim auf Veranlassung von Professor K r a u s s durch Regierungsforstrat H. L e n d l e ein Beschattungsversuch mit verschiedenen Kiefernherkünften angelegt. Hierzu konnte eine bereits vorhandene Reihe von Beschattungskästen +) benutzt werden, die R. L a n g für eine andere Fragestellung angelegt hatte.

Lage des Schleißheimer Versuchsfeldes:

Das ebene Versuchsfeld liegt etwa 2 km südlich Schleißheim bei München, dicht östlich der Eisenbahnlinie Landshut-München, in etwa 500 m Meereshöhe auf Niederterrassenschotter. Die mittlere jährliche Niederschlagsmenge beträgt etwa 850 mm, von Mai mit August fallen etwa 480 mm Niederschläge; die mittlere Jahrestemperatur beträgt 7°, die mittlere Temperatur von Mai mit August 14,5°C. Die Bodenart des Versuchsfeldes ist als ein mäßig frischer, kiesig - lehmiger Sandboden anzusprechen.

Die Beschattungsanlage:

Die Beschattungskästen haben eine Länge und eine Breite von je 2 Meter und eine Höhe von 1 Meter. Es sind in viermaliger Ausführung Kästen für drei Beschattungsabstufungen vorhanden.

Der Deckel und die 4 Seitenflächen jedes Kastens sind Lattengitter mit verschieden weitem Lattenabstand, sodaß das Licht je nach dem Abstand der Holzleisten voneinander verschieden stark im Innern der Kästen wirksam werden kann. Theoretisch, nämlich bei unendlich dünn gedachten Latten, müßte das Licht von allen Seiten durch die freien Zwischenräume zwischen den Latten eintreten können. Tatsächlich wird aber, wie bei Messungen mit dem Sixtus-Belichtungsmesser sich herausgestellt hat, in der Hauptsache nur das Oberlicht wirksam, weil eben infolge der Lattendicke das schiefauftreffende Seitenlicht weitgehend abgehalten wird. Trotzdem möchten wir auch für die Zukunft die Beibehaltung dieser Beschattungsweise empfehlen, da es ja auf Abstufung nicht allein des Lichtes, sondern auch der verschieden stark wirksamen Verdunstung ankommt.

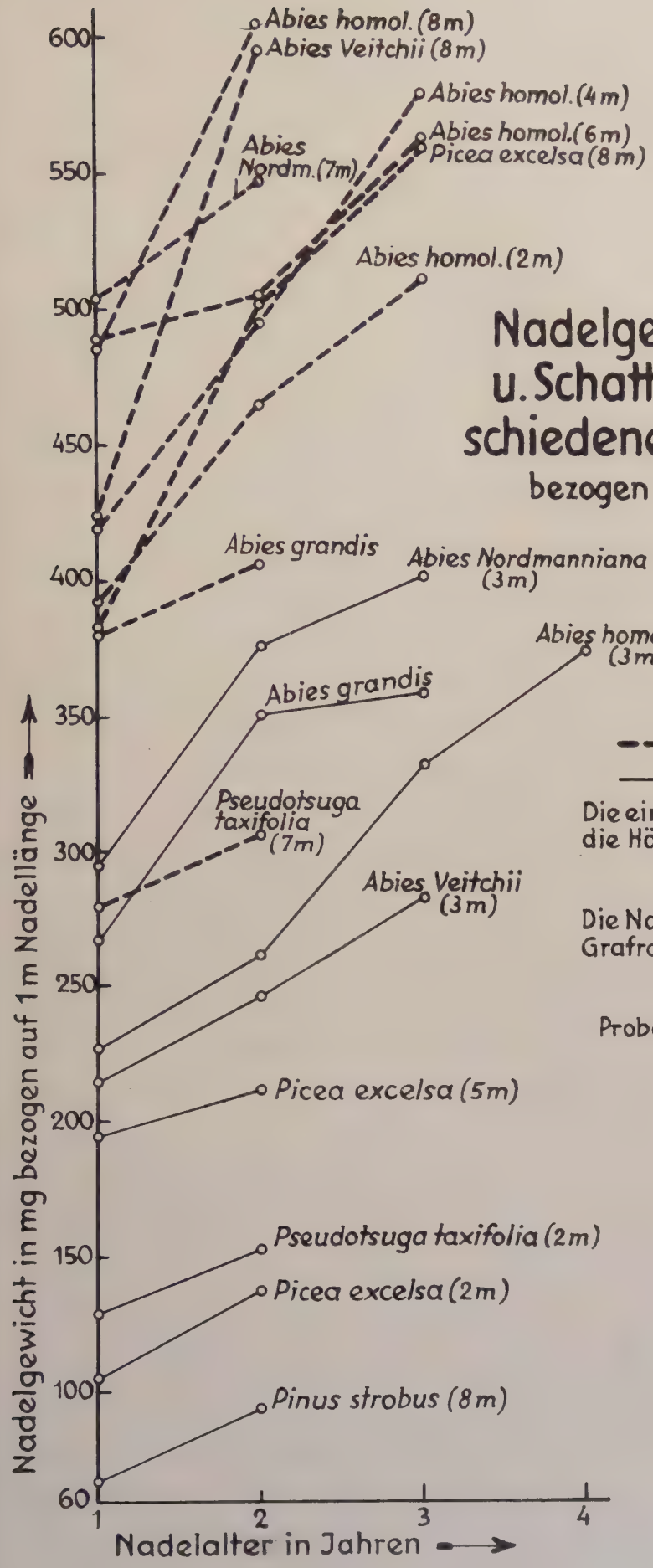
Die Holzleisten (Zaunlatten) haben im vorliegenden Fall eine Dicke von 2,8 cm und eine Breite von 4,8 cm.

Bei der ersten (stärksten) Beschattungsstufe besteht jeder Kastendeckel aus 28 Latten und jede Wand aus 14 Latten, wobei zwischen je zwei Latten ein freier Zwischenraum von 2,5 cm besteht.

Bei der zweiten (mittleren) Beschattungsstufe besteht der Deckel aus 20 Latten und jede Wand aus 10 Latten mit Abständen von 5 cm.

+) Schon 1890 hat C i e s l a r (24) Beschattungskästen verwendet, jedoch erst 1909 darüber berichtet. Zuerst beschrieben wurde (1898) die Anwendung von Beschattungskästen von B a d o u x (25)

Tafel 9



Nadelgewicht von Licht- u. Schattennadeln verschiedener Nadelhölzer

bezogen auf 1m Nadellänge

-----Lichtnadeln

———Schattennadeln

Die eingeklammerten Zahlen bezeichnen die Höhe der Äste, von denen die Nadeln entnommen wurden.

Die Nadelproben stammen aus dem Grafrather Versuchsgarten der Bayer. Forstl. Versuchsanstalt.

Probenahme: Januar 1938.

Chen
München 1938/39

Bei der dritten (schwächsten) Beschattungsstufe hat der Deckel 14 Latten und jede Wand 7 Latten mit Abständen von 10 cm.

Aus den obigen Maßverhältnissen errechnen sich ohne Berücksichtigung der Lattendicke Lichtabstufungen von 2/6, 3/6 und 4/6 des Freilandlichtes.

Bei der Lichtmessung mit dem photographischen Lichtmesser Sixtus ergab sich eine Abstufung des Oberlichtzutrittes von etwa 1/6, 2/6, 3/6, dh. 1/6, 1/3, 1/2 des vollen Lichtgenusses.

Im Mai 1937 wurden je 25 Stück 2-jähriger Kiefernsämlinge von 4 verschiedenen Herkünften), nämlich ostpreußische Halbschattenkiefer, Rhein-Main-Kiefer (Lichtkiefer), thüringische Kiefer und hessische Kiefer, in die Kästen verschult. Leider konnte infolge Arbeitermangels im Sommer 1937 nicht regelmäßig ausgegrast werden. Außerdem stellte sich heraus, daß die Pflanzung nicht ganz sorgfältig durchgeführt worden war: einerseits war etwas zu tief gepflanzt worden, andererseits waren die Wurzeln z.T. verkrümmt. Ferner hatten die thüringischen und hessischen Reihen soviel Abgang, daß sie für eine Auswertung nicht gut infrage kommen konnten. Auch bei der Rhein-Main-Kiefer waren in den im ersten Sommer verunkrauteten Kästen so viele Pflanzen abgestorben, daß nur wenige Pflanzen in jedem Kasten zum Vergleich noch zur Verfügung standen. Der Schwerpunkt der Auswertung liegt also bei der ostpreußischen Kiefer.

Am 18. November 1938, nachdem also die Kiefernpflanzen zwei Vegetationsperioden in den Kästen unter verschiedenem Lichtgenuß verbracht hatten, wurde bei der ostpreußischen Kiefer und der Rhein-Main-Kiefer die Höhe der Pflanzen vom Boden bis zur Gipfelknospe (unter Andrücken des Maßstabes an die Stämmchen) gemessen. Hierauf wurde jede einzelne Pflanze zur Kennzeichnung mit einer beschrifteten Holzetikette versehen und sorgfältig ausgegraben. Am darauffolgenden Tag wurden die Wurzeln durch behutsames Waschen von der anhaftenden Erde befreit und die Länge des letztjährigen Mitteltriebes und der letztjährigen Seitentriebe gemessen. Nach 3 Tagen wurden die ganzen Pflanzen vorläufig gewogen und hierauf die Wurzeln abgeschnitten.

Die Wägung der einzelnen Pflanzenteile (letztjähriger Mitteltrieb, Summe der letztjährigen Seitentriebe, Wurzeln) erfolgte lufttrocken nach 2-3 Wochen. Bei jeder Pflanze wurde auch die Nadeldicke (Nadelgewicht pro laufenden Meter) der Nadeln des letztjährigen Mitteltriebes festgestellt. Da der Mitteltrieb der Vegetationsperiode 1938 aus den 1937 gebildeten Reservestoffen entstanden ist, muß die verschiedene Beschattung, da die Schattenabstufung im Sommer 1938 nicht durch Vergrasung gestört wurde, in Länge und Gewicht des Mitteltriebes zum Ausdruck kommen. Für die Nadeldicke ist der Sommer 1938 entscheidend.

In den folgenden Tabellen (I-IV) sind für die ostpreußische Kiefer alle gemessenen Einzelwerte und die daraus sich errechnenden Mittelwerte, ferner die kennzeich-

---

+) vergl. Münch (26) und Vanselow (27).

(I)

Lichtgenuß : etwa 1/6

Länge (cm) von		Gewicht (in gr) von					Nadeldicke des letztjährigen M.Tr. (mgr. pro lfd.m)
M.Tr.	S.Tr.++)	ganz. Pfl.	M.Tr.	S.Tr.	Ob.	W.	
11,0	19,6	17,0	3,2	3,0	13,2	1,8	153
15,0	9,1	16,5	4,0	1,5	10,2	1,1	158
8,8	2,7	10,5	2,0	0,5	5,2	0,9	170
7,1	16,5	16,0	1,9	1,4	8,1	1,4	101
9,7	6,1	9,0	1,9	0,6	4,5	0,8	97
8,5	9,8	15,0	1,4	0,9	6,6	1,1	121
10,7	7,0	15,0	1,5	0,5	7,1	1,3	107
6,5	6,1	7,5	1,1	o,5	3,4	o,6	82
Mittelwerte:							
9,7	9,6	12,1	2,0	1,1	7,2	1,1	124

Längenverhältnis: Ob.+) : S.Tr.++) = 37+) : 9,6++) = 1 : 0,29

M.Tr. : S.Tr = 9,7 : 9,6 = 1 : 0,99

Gewichtsverhältnis: Ob. : M.Tr. = 7,2 : 2,0 = 1 : 0,28

Ob. : S.Tr.++) = 7,2 : 1,1 = 1 : 0.15

M.Tr. : S.Tr. = 2,0 : 1,1 = 1 : 0,55

Ob. : W = 7,2 : 1,1 = 1 : 0,15

Ges.-Gew. bei 1/6 L. zu Ges.-Gew. bei voll.L. 12,1 : 65,2 = 0,19 : 1

Nadeldicke bei 1/6 L. zu Nadeldicke bei voll.L. 124 : 289 = 0,43 : 1

+) Länge der oberirdischen Pflanze stehend im Freien gemessen; Durchschnitt aus 8 Stück.

++) addierte Gesamtlänge bzw. Gesamtgewicht aller Seitentriebe.

Bemerkungen: 1) Das Gewicht der ganzen Pflanze wurde 3 Tage nach dem Ausgraben festgestellt.
2) Die einzelnen Pflanzenteile wurden lufttrocken nach 2-3 wöchiger Lagerung gewogen.
3) Die Längenmessungen erfolgten von der Knospenspitze ab.

Abkürzungen: Ob. = oberirdische Pflanzenteile; M.Tr. = letztjähriger Mitteltrieb; S.Tr. = letztjährige Seitentriebe; W = Wurzel.

(II)

Lichtgenuß : etwa 1/3.

Länge (cm) von		Gewicht (in gr.) von					Nadeldicke des letztjährigen M.Tr. (mgr pro lfd.m)
M.Tr.	S.Tr.++)	ganz. Pfl.	M.Tr.	S.Tr.	Ob.	W.	
15,7	38,2	33,0	4,6	5,4	17,4	3,3	195
13,4	41,3	24,5	2,8	4,5	14,3	2,3	162
18,5	64,0	69,5	6,4	12,5	41,9	7,0	188
14,5	51,7	47,0	3,8	7,5	27,6	4,0	158
13,5	28,5	20,5	3,0	3,0	11,6	1,1	183
7,0	10,9	14,5	1,2	0,9	7,3	1,4	136
16,5	4,5	22,0	4,1	0,5	12,2	2,2	210
11,2	6,1	15,0	2,9	0,8	7,8	1,4	194
Mittelwerte :							
13,8	30,6	30,8	3,6	3,14	16,44	2,9	178

Längenverhältnis: Ob. : S.Tr. = 45+) : 30,6++) = 1 : 0,67

M.Tr. : S.Tr. = 13,8 : 30,6 = 1 : 2,22

Gewichtsverhältnis: Ob. : M.Tr. = 16,44 : 3,6 = 1 : 0,22

Ob. : S.Tr. = 16,44 : 3,14 = 1 : 0,19

M.Tr. : S.Tr. = 3,6 : 3,14 = 1 : 0,87

Ob. : W = 16,44 : 2,9 = 1 : 0,18

Ges.Gew bei 1/3 L. zu Ges.Gew. bei voll.L. 30,8 : 65,2 = 0,49 : 1

Nadeldicke bei 1/3 L. zu Nadeldicke bei voll.L. 178 : 289 = 0,62 : 1

+) Länge der oberirdischen Pflanze stehend im Freien gemessen; Durchschnitt aus 8 Stück.

++) Addierte Gesamtlänge bzw. Gesamtgewicht aller Seitentriebe.

Bemerkungen: 1) Das Gewicht der ganzen Pflanze wurde 3 Tage nach dem Ausgraben festgestellt.
2) Die einzelnen Pflanzenteile wurden lufttrocken nach 2-3 wöchiger Lagerung gewogen.
3) Die Längenmessungen erfolgten von der Knospenspitze ab.

Abkürzungen: Ob. = oberirdische Pflanzenteile; M.Tr. = letztjähriger Mitteltrieb; S.Tr. = letztjährige Seitentriebe; W = Wurzel.

(III)

Lichtgenuß : etwa ½

Länge (cm) von		Gewicht (in gr) von					Nadeldicke des letztjährigen M.Tr. (mgr pro lfd.m)
M.Tr.	S.Tr.++)	ganz. Pfl.	M.Tr.	S.Tr.	Ob.	W	
15,6	39,7	50,0	5,2	6,5	25,6	5,8	238
16,5	56,3	34,0	4,5	9,4	20,9	3,0	194
13,6	31,5	31,5	4,8	5,6	18,0	3,4	216
16,7	45,6	34,0	4,3	6,8	20,1	3,0	241
17,6	59,5	36,0	4,6	7,7	20,1	4,2	210
19,6	42,9	45,5	7,3	8,5	25,5	5,4	244
22,o	47,5	50,5	7,6	9,0	28,5	5,3	215
14,8	20,8	20,5	4,1	3,1	11,8	2,4	244
Mittelwerte:							
17,1	43,9	37,1	5,3	7,1	21,4	4,1	225

Längenverhältnis: Ob. : S.Tr. = 42+) : 43,9++) = 1 : 1,04
M.Tr. : S.Tr. = 17,1 : 43,9 = 1 : 2,57

Gewichtsverhältnis: Ob.: M.Tr. = 21,4 : 5,3 = 1 : 0,25
Ob.: S.Tr. = 21,4 : 7,1 = 1 : 0,33
M.Tr.: S.Tr. = 5,3 : 7,1 = 1 : 1,34
Ob.: W = 21,4 : 4,1 = 1 : 0,19

Ges.Gew bei ½ L zu Ges.Gew. bei voll.L 20,5 : 65,2 = 0,31 : 1

Nadeldicke bei ½ L. zu Nadeldicke bei voll.L. 225 : 289 = 0,78 : 1

+) Länge der oberirdischen Pflanze stehend im Freien gemessen ; Durchschnitt aus 8 Stück

++) Addierte Gesamtlänge bzw. Gesamtgewicht aller Seitentriebe.

Bemerkungen: 1) Das Gewicht der ganzen Pflanze wurde 3 Tage nach dem Ausgraben festgestellt.
2) Die einzelnen Pflanzenteile wurden lufttrocken nach 2-3 wöchiger Lagerung gewogen.
3) Die Längenmessungen erfolgten von der Knospenspitze ab.

Abkürzungen: Ob. = oberirdische Pflanzenteile; M.Tr. = letztjähriger Mitteltrieb; S.Tr. = letztjährige Seitentriebe; W = Wurzel.

(IV)

Voller Lichtgenuß							
Länge (cm) von		Gewicht (in gr) von					Nadeldicke des letztjährigen M.Tr. (mgr pro lfd.m)
M.Tr.	S.Tr.++)	ganz. Pfl.	M.Tr.	S.Tr.	Ob	W	
14,0	49,1	69,0	4,6	8,3	38,6	7,8	272
17,0	50,4	76,5	5,3	9,0	44,0	9,3	364
22,5	70,1	85,5	6,4	10,1	51,6	9,3	274
23,2	63,9	53,5	7,9	12,0	31,9	5,9	308
15,5	53,1	51,5	5,0	8,4	29,6	6,4	272
19,6	62,1	75,0	7,8	12,8	44,4	8,8	292
17,5	42,0	52,5	5,9	7,3	28,5	7,3	278
17,8	46,8	58,0	6,0	7,3	32,3	6,8	253
Mittelwerte:							
18,4	54,8	65,2	6,1	9,4	37,6	7,7	289

Längenverhältnis: Ob. : S.Tr. = 45+) : 54,8 ++) = 1 : 1,22

M.Tr. : S.Tr. = 18,4 : 54,8 = 1 : 2,96

Gewichtsverhältnis: Ob. : M.Tr. = 37,6 : 6,1 = 1 : 0,16

Ob. : S.Tr. = 37,6 : 9,4 = 1 : 0,25

M.Tr. : S.Tr. = 6,1 : 9,4 = 1 : 1,54

Ob. : W = 37,6 : 7,7 = 1 : 0,20

+) Länge der oberirdischen Pflanze stehend im Freien gemessen; Durchschnitt aus 8 Stück.

++) Addierte Gesamtlänge bzw. Gesamtgewicht aller Seitentriebe.

Bemerkungen: 1) Das Gewicht der ganzen Pflanze wurde 3 Tage nach dem Ausgraben festgestellt.
2) Die einzelnen Pflanzenteile wurden lufttrocken nach 2-3 wöchiger Lagerung gewogen.
3) Die Längenmessungen erfolgten von der Knospenspitze ab.

Abkürzungen: Ob. = oberirdische Pflanzenteile; M.Tr. = letztjähriger Mitteltrieb; S.Tr. = letztjährige Seitentriebe; W = Wurzel.

nenden Längen- und Gewichtsverhältnisse aufgeführt. Tafel 10 gibt für die ostpreußische und für die Rhein-Main-Kiefer auf Grund der Mittelwerte ein anschauliches Bild der Entwicklung hinsichtlich der Gesamterzeugung an organischer Substanz und deren Verteilung auf Mitteltrieb, Seitentriebe und Wurzel bei verschiedenem Lichtgenuß. In Tafel 11 ist für die beiden Kiefernherkünfte die Nadelausbildung (Nadelgewicht pro laufenden Meter) in ihrer Abhängigkeit vom Lichtgenüß dargestellt.

Der Besprechung der Versuchsergebnisse wird die Voraussetzung zugrundegelegt, daß vor Einleitung der Versuche die Entwicklung der untersuchten Pflanzen nach Größe und Gewicht annähernd gleich war;es wurden nämlich für die Versuche die Pflanzen sorgfältig nach Größe sortiert.

Soweit aus Messungen an so geringer Pflanzenzahl überhaupt allgemeinere Schlußfolgerungen gezogen werden dürften,seien sie im folgenden kurz angedeutet:

1.) Bei vollem Lichtgenuß zeigt sich, wenn man die Höhen der beiden Kiefernherkünfte mit ihren Gewichten vergleicht (siehe Tafel 10), daß die Rhein-Main-Kiefer nur etwa halb (0,56 mal) so hoch ist wie die ostpreußische Kiefer und dabei eine nur 0,87 mal kleinere oberirdische Masse aufweist; gleichzeitig ist aber die Wurzelmasse nur wenig verschieden. Das deutet darauf hin, daß die ostpreußische Kiefer schon von frühester Jugend an auch im vollen Licht mehr organische Substanz in die Stammachse schickt als die Rhein-Main-Kiefer.

2.) Unter stärkerer Beschattung (1/3 und 1/6 des vollen Lichtgenusses) litt die Rhein-Main-Kiefer mehr als die ostpreußische Kiefer. Setzt man in beiden Fällen die bei vollem Lichtgenuß produzierte Masse = 100, so erzeugt die ostpreußische Kiefer bei 1/3 Lichtgenuß 43, bei 1/6 Lichtgenuß 19 %, die Rhein-Main-Kiefer bei 1/3 Lichtgenuß 43, bei 1/6 Lichtgenuß 19 %, die Rhein-Main-Kiefer dagegen nur 22 bzw. 11 %, d.h. also verhältnismäßig nur rund halb soviel organische Masse. Daß die Rhein-Main-Kiefer sehr unter stärkerer Beschattung zu leiden hatte, zeigt auch schon ihr besonders starker Abgang infolge der erwähnten Verdämmung durch Unkraut bei 1/3 und 1/6 Lichtgenuß.

3.) Bei der ostpreußischen Kiefer nahm der Wurzelanteil am Gesamtgewicht mit zunehmender Beschattung langsam ab, von 17 % bei vollem Licht auf 13 % bei 1/6 Belichtung.
Ob diesem Ausschlag eine allgemeine Bedeutung zukommt, muß erst durch weitere Untersuchungen auf breiterer Basis nachgeprüft werden.

4.) Mit zunehmender Beschattung nahm die Länge des letztjährigen Mitteltriebes bei der ostpreußischen Kiefer langsamer ab als bei der Rhein-Main-Kiefer, nämlich bei ersterer von 18,4 cm unter vollem Licht auf 17,1 cm unter 1/2 Belichtung, auf 13,8 cm unter 1/3 Belichtung und auf 9,7 cm bei 1/6 Belichtung, bei der Rhein-Main-Kiefer entsprechend von 17,7cm auf 15,8, 11,0und 5,1cm. In Verhältniszahlen ausgedrückt,nimmt die Länge des letztjährigen Mitteltriebes mit abnehmendem Lichtgenuß bei der ostpreußischen Kiefer im Verhältnis 1 : 0,93 :

Entwicklung 3jähr. Kiefern bei verschied. Lichtgenuß

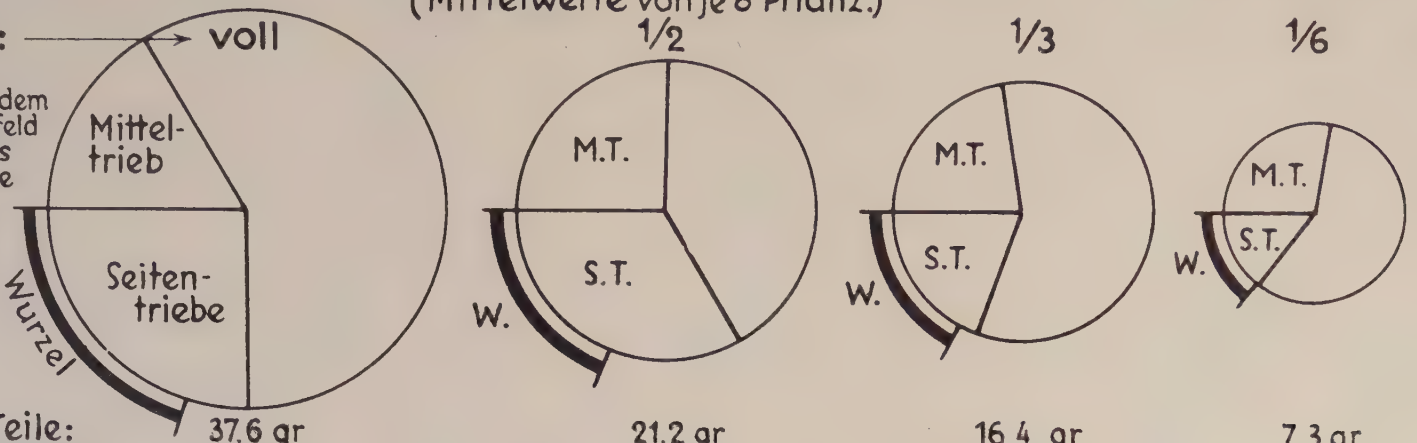
Die Kreisflächen entsprechen dem Gewicht der oberird. Pflanzenteile, alle Gewichtsangaben beziehen sich auf lufttrockenen Zustand.

Tafel 10

Ostpreußische Kiefer

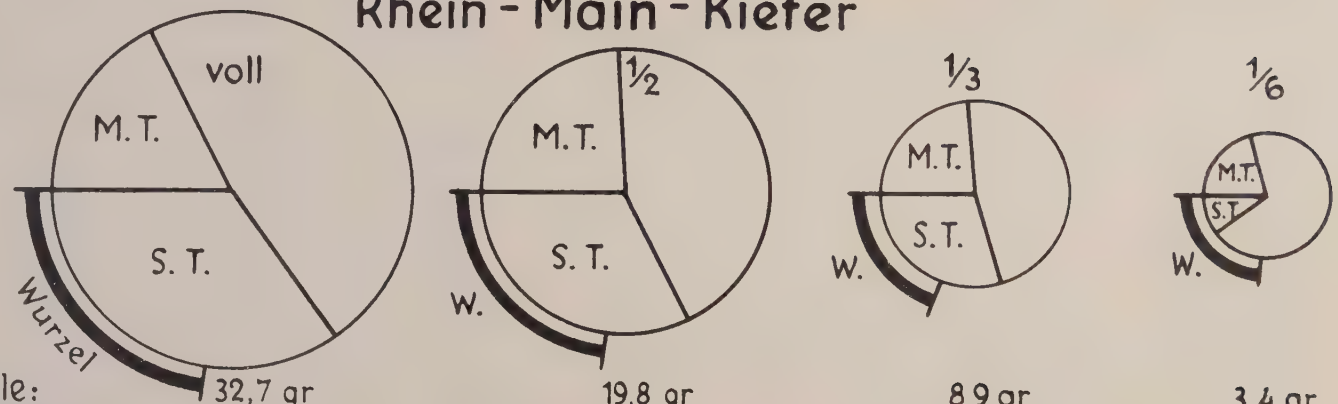
(Mittelwerte von je 8 Pflanz.)

Die Versuche wurden auf dem Schleißheimer Versuchsfeld des Bodenkundl. Instituts ausgeführt, vorstehende Zahlen wurden im Dez. 1938 gewonnen.



	voll	1/2	1/3	1/6
Oberird. Pfl. Teile:	37,6 gr	21,2 gr	16,4 gr	7,3 gr
Letztjähr. Mitteltrieb:	6,1 "	5,3 "	3,6 "	2,0 "
Letztjähr. Seitentriebe:	9,4 "	7,1 "	3,1 "	1,1 "
Wurzelmasse:	7,7 "	4,1 "	2,9 "	1,1 "
Höhe der Pflanzen:	45 cm	42 cm	45 cm	37 cm

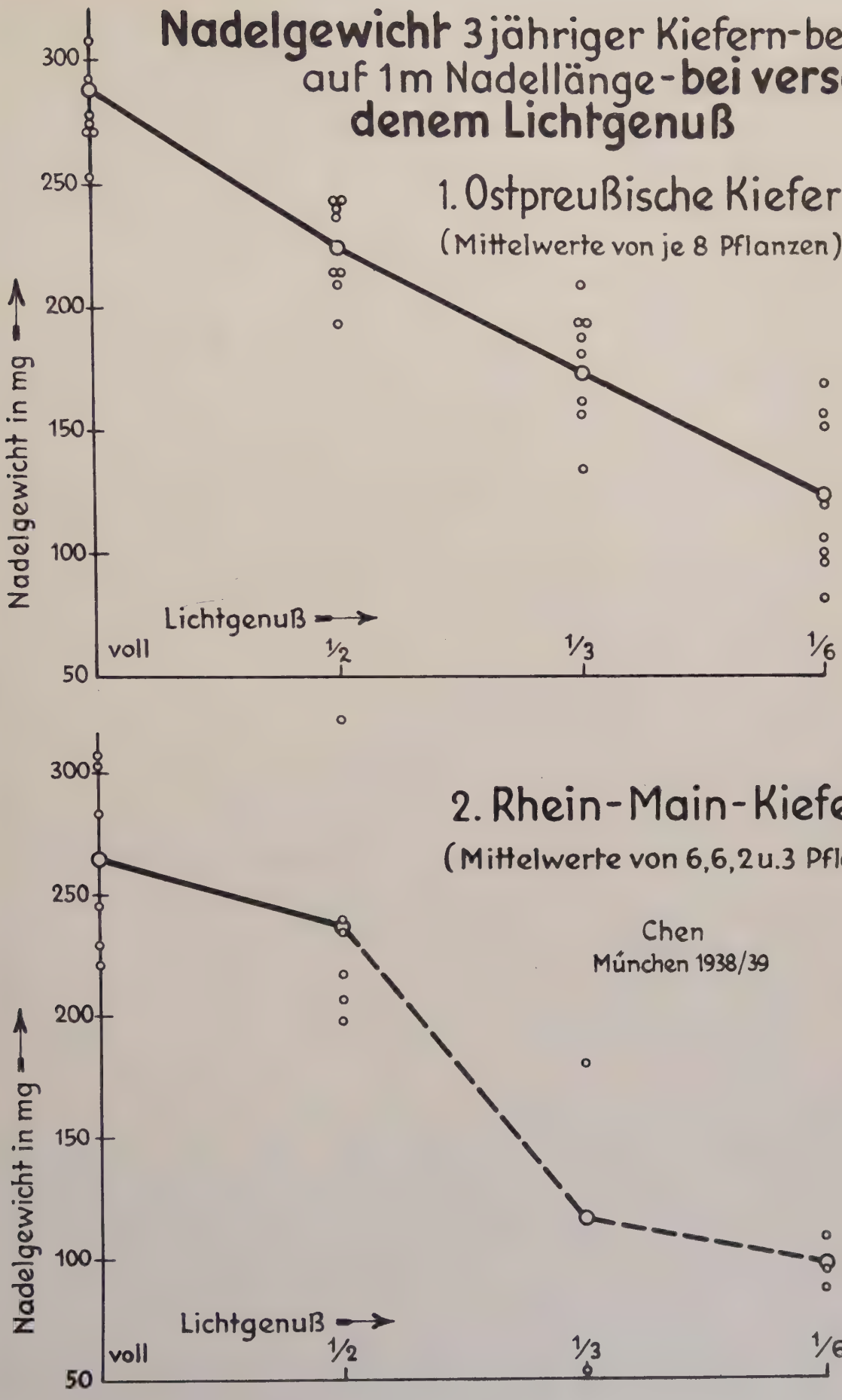
Rhein - Main - Kiefer



	voll	1/2	1/3	1/6
Oberird. Pfl. Teile:	32,7 gr	19,8 gr	8,9 gr	3,4 gr
Letztjähr. Mitteltrieb:	5,8 "	4,8 "	2,1 "	0,7 "
Letztjähr. Seitentriebe:	11,3 "	6,5 "	2,6 "	0,37 "
Wurzelmasse:	7,3 "	4,5 "	1,7 "	0,8 "
Höhe der Pflanzen:	25 cm	25,3 cm	26 cm	28 cm
Mittelwerte von	6 Pfl.	6 Pfl.	2 Pfl.	3 Pfl.

Chen
München 38/39

Nadelgewicht 3jähriger Kiefern-bezogen auf 1m Nadellänge-**bei verschiedenem Lichtgenuß**



0,75:0,53, bei der Rhein-Main-Kiefer aber im Verhältnis 1:0,89:0,63:0,29 ab. Bei einem gewichtsmäßigen Vergleich der letztjährigen Mitteltriebe treten die Unterschiede zwischen den beiden Kiefernherkünften noch schärfer hervor: Bei der ostpreußischen Kiefer nimmt das Gewicht des letztjährigen Mitteltriebes ab im Verhältnis 1 : 0,87 : 0,59 : 0,33, bei der Rhein-Main-Kiefer dagegen im Verhältnis 1 : 0,82 : 0,36 : 0,012[+)].

5.) Vergleicht man den letztjährigen Mitteltrieb mit der Summe der letztjährigen Seitentriebe [++)] bei verschiedenem Lichtgenuß, so zeigt sich, daß sowohl der Längenvergleich als auch der Gewichtsvergleich einen eindeutigen Ausschlag gibt, und zwar derart, daß bei beiden Kiefernherkünften mit abnehmendem Lichtgenuß der letztjährige Mitteltrieb gegenüber der Summe der letztjährigen Seitentriebe nach Länge und Gewicht verhältnismäßig zunimmt.

Der gewichtsmäßige Vergleich ist jedoch vorzuziehen, weil er ein einwandfreieres Maß der in Mitteltrieb und Seitentrieben eingelagerten Stoffmenge ist.

Der Einfluß der Beschattung auf die ostpreußische Halbschattenkiefer bei gleicher Feuchtigkeitsversorgung ist also eindeutig dahin zu kennzeichnen, daß bei genügender Feuchtigkeitsversorgung der Mitteltrieb im Halbschatten mehr von der produzierten organischen Substanz erhält, während im vollen Licht in die Seitentriebe relativ viel organische Substanz eingebaut eird.

Im Höhenwachstum ist offensichtlich durch schwache Beschattung bei entsprechender Feuchtigkeit kein wesentliches Zurückbleiben veranlaßt. Aber die Seitentriebe werden viel schwächer und kürzer. Das wird entscheidend für die gute Qualität der Halbschattenkiefer, die in der Forstwirtschaft bei natürlicher Verjüngung bekannt ist. Bereits T ä g e r hat in einer U n t e r s u c h u n g an Bärenthorener Halbschattenkiefern zahlreiche Messungen ausgeführt, die diese Verhältnisse zahlenmäßig erfassen (noch nicht veröffentlicht). Hier wird ein Versuch behandelt, der an jungen Pflanzen mit genau abgestuftem Lichtentzug den Einfluß der Beschattung in verschiedener Hinsicht wenigstens tastend verfolgt.

6.) Die Ausbildung der Nadeln als Licht- bzw. Schattennadeln zeigt bei der ostpreußischen Kiefer eine nahezu lineare Abnahme der Nadeldicke. Die gefundenen Einzelwerte, die für beide Herkünfte in Tafel 11 und für die ostpreußische Kiefer außerdem in den ausführlichen Tabellen beigelegt sind, zeigen, daß die Schwankungen bei den Einzelmessungen sich trotz der geringen Anzahl verfügbarer Pflanzen in Grenzen halten, die eine Mittelwertbildung zulassen.

Das eindeutige Ergebnis des gewichtsmäßigen Vergleiches von Mitteltrieb und Seitentrieben des gleichen Jahrganges stellt der forstlichen Praxis eine

---

+) Die mittleren absoluten Gewichte der letztjährigen Mitteltriebe waren bei der Rhein-Main-Kiefer bei abnehmendem Lichtgenuß 5,83, 4,78, 210 u.0,70 gr.

++) Bei der Rhein-Main-Kiefer waren die Längen bzw. Gewichte der letztjährigen Seitentriebe bei abnehmendem Lichtgenuß 54,5, 43,5, 27,0, 3,8 cm bzw. 11,3, 6,48 2;6, 0,37 gr.

einfache Methode zur Verfügung, mit wenig Arbeitsaufwand und Kosten die jeweilige Wirkung der Beschattung zu verfolgen. Vielleicht gelingt es auch mit solch einfachen Hilfsmitteln draußen im freien Bestand im Zusammenhang mit Lichtmessungen darüber Aufschluß zu gewinnen, wo für bestimmte Kiefernherkünfte die Grenze der Beschattung liegt, bzw. die mangelnde Feuchtigkeit entscheidend wird: Dort, wo Boden- und Humuszustand eine ausreichende Feuchtigkeitsversorgung gewährleisten, wird die Gesamtproduktion an organischer Substanz höher sein, wo die Feuchtigkeit nicht ausreichend, geringer. Die Verteilung der organischen Substanz auf Mitteltrieb und Seitentriebe dagegen wird in erster Linie vom Lichtgenuß reguliert werden. Die Auswirkung der Seitentriebsausbildung auf Astreinigung und Holzqualität legt nahe, jeweils neben dem Mitteltrieb auch die Seitentriebe zu berücksichtigen.

Es ist außerdem zu erwägen, ob bei forstlichen Untersuchungen über Wuchsleistungen nicht als Ergänzung zu den üblichen Triebmessungen, die bis jetzt fast ausschließlich als Maßstab verwendet wurden, auch solche Vergleiche der Gewichtsmenge, getrennt nach Mitteltrieb und Seitentrieben, zu empfehlen sind. Alle derartigen Feststellungen müßten selbstverständlich bei vergleichbarem Trocknungsgrad, eventuell in absolut-trockenem Zustand gemacht werden. Damit wären auch Vergleiche zwischen den verschiedenen Holzarten erleichtert.Die ausschließliche Messung der Länge des Mitteltriebes erscheint für die Beantwortung ökologischer Fragen ebenso einseitig wie die bekannten forstlichen Vergleiche nach dem Raummaß.

Es wird also vorgeschlagen, neben den üblichen Trieb- und sonstigen Messungen jeweils die Gewichtsmenge des letztjährigen Mitteltriebes sowie der sämtlichen Seitentriebe zu erfassen und die für das betreffende Jahr in der Bestandsstellung wirksame Belichtung - z.B. mit photographischem Lichtmesser ermittelt - dazu anzugeben. Das ergibt klare Beziehungen für das betreffende Jahr.

Für die Beurteilung der Grenze der Lebensfähigkeit der Jungpflanzen im Schatten hat sich weiterhin, wie schon früher bei anderen Arbeiten, die gestanzte Nadeldicke (Schattennadelnausbildung) als Maßstab bewährt.

Wenn unter den verschiedenen Standortsbedingungen auf diese Weise ausgeführte regional vergleichende Untersuchungen bei den verschiedenen Licht- und Schattenholzarten vorliegen werden, so wird man in der Beurteilung von Licht- und Feuchtigkeitswirkungen in der praktischen Forstwirtschaft weiter kommen.

Heute spricht der forstliche Praktiker viel zu oft von Licht im Bestand, wo es sich tatsächlich um den Einfluß von Feuchtigkeitsunterschieden handelt. Auch Lichtstellung bei Nährstoffarmut des Bodens kann oft nicht als eigentliche „Lichtstellung" bezeichnet werden. Es ist allgemein anerkannt, daß bei günstiger Nährstoff- und Feuchtigkeitsversorgung die Bäume mehr „Schatten" vertragen. Diese Ausdrucksweise ist aber nicht genau.

Die Kiefer hat eine großräumige geographische Verbreitung und eignet sich besonders für solche Versuche. Allerdings müssen dabei die verschiedenen Rassen und Herkünfte berücksichtigt werden. In diesem Sinn wurde der vorliegende orientierende Versuch mit jungen Kiefernpflanzen verschiedener Herkunft angesetzt.

III.

Untersuchungen über die Mineralstoffaufnahme von standörtlich kennzeichnenden Waldbodenpflanzen.

Für die Beurteilung der Wachstumsmöglichkeiten unserer Holzpflanzen dürfen auch die Beziehungen zwischen Holzpflanzen und Bodenflora nicht unbeachtet bleiben. Ganz besonders im Jugendstadium der Holzpflanzen stellt die Bodenflora auf vielen Standorten eine scharfe Konkurrenz um Licht, Wasser und Nährstoffe dar.

Nachdem in den ersten beiden Abschnitten die Einflüsse verschiedener Standortsfaktoren auf die Entwicklung junger Holzpflanzen bzw. die Wirkungen verschiedenen Lichtgenusses untersucht wurden, soll im III. Abschnitt der Mineralstoffaufnahme besonderes Augenmerk geschenkt werden.

Über die Mineralstoffaufnahme von Holzpflanzen liegen in der Literatur sehr zahlreiche Untersuchungen vor. Die Aschengehalte, insbesondere der Blätter und Nadeln der Waldbäume,[+)] wurden in vielen Fällen untersucht und geben ein anschauliches Bild der standörtlich verschiedenen Mineralstoffversorgung. Dagegen ist auffallend wenig über den Mineralstoffgehalt von Waldbodenpflanzen gearbeitet, obwohl im forstlichen Schrifttum gerade deren Standortsansprüche immer wieder mit zur Beurteilung des Bodenzustandes herangezogen werden. Es wird deshalb im folgenden versucht, über die mineralischen Ansprüche kennzeichnender Bodenpflanzen zahlenmäßige Unterlagen zu gewinnen.

Zunächst wurde ein allgemeiner Vergleich der Aschengehalte zwischen verschiedenen Kräutern, Gräsern und Moosen auf ähnlichem Standort ausgeführt, und dann an einer im deutschen Wald besonders wichtigen Pflanze, der Heidelbeere, der Asche- und insbesondere der Kalkgehalt auf verschiedenen Standorten festgestellt. Da es auch hier wieder darauf ankommt, möglichst einfache Methoden zu benützen, so wurde für die ersteren Untersuchungen als Maßstab für den wesentlichen Mineralstoffgehalt die Gesamtasche abzüglich der Kieselsäure ge-

---

+) Die von Ebermayer (28), Weber (29), Ramann (30, u.A., sowie die später unter standörtlich vergleichbarer Probenahme ausgeführten Untersuchungen von Krauss (31) und seiner Schule (21,22) an Blättern und Nadeln der Waldbäume haben klare Beziehungen zwischen Kalzium und Kieselsäure in der Asche ergeben.

wählt und für die zweite Untersuchung an der Heidelbeere darüber hinaus auch noch der Kalkgehalt bestimmt. Im ersteren Fall dient die Bestimmung der Kieselsäure vorwiegend dem Zwecke, den Gehalt an kieselsäurefreier Asche festzustellen, im zweiten Fall wird sie auch dazu benützt, um die bekannten Wechselbeziehungen zwischen Kalk- und Kieselsäureaufnahme, die bei Waldbäumen eine sehr kennzeichnende Rolle spielen, auch wenigstens an e i n e r Bodenpflanze planmäßig zu untersuchen.

Analytisches Verfahren:

Zur Veraschung wurde in den meisten Fällen 10 gr lufttrockene Substanz verwendet, die mit Hilfe des in einer besonderen Probe ermittelten Trocknungsverlustes auf absolutes Trockengewicht umgerechnet wurde. Die Veraschung erfolgte in einer geräumigen Platinschale (80 - 90 g Tara) im elektrischen Veraschungsofen mit regulierbarer Temperatureinstellung. Für den glatten Verlauf der Veraschung ist es wesentlich, daß anfänglich nur auf 250 - 300° C erhitzt wird; erst wenn die bei dieser Temperatur vor sich gehende Verschwelung beendet ist, darf die Temperatur auf 500 - 550° gesteigert werden. Nach einer Erhitzungsdauer von insgesamt etwa 3 Stunden ist die Veraschung beendet. Es empfiehlt sich, nach der ersten Wägung die Asche, die noch die ursprüngliche Form der Pflanzenteile erkennen läßt, mit einem Platinspatel vorsichtig zu zerdrücken, um allenfalls im Innern der Ascheteilchen noch vorhandene kohlige Substanz freizulegen, die bei den folgenden bis zur Gewichtskonstanz vorzunehmenden Erhitzungen verbrannt wird. Bei den letzten Erhitzungen kann mit der Temperatur bis auf 650° C gegangen werden. Das gefundene Rohaschegewicht wird auf Prozente der Pflanzentrockensubstanz umgerechnet.

Zur Bestimmung der in der Asche enthaltenen Kieselsäure wird die Asche in der Platinschale mit destilliertem Wasser angefeuchtet, in eine Porzellanschale herübergespült, hierin mit verdünnter Salzsäure versetzt und die Lösung zur Trockene verdampft. Zur Abscheidung der SiO_2 in unlöslicher Form wird der Abdampfrückstand noch 2 bis 3 mal mit Salzsäure zur staubigen Trokkene eingedampft. Der Rückstand wird dann mit konzentrierter Salzsäure durchfeuchtet, heißes Wasser zugegeben und die SiO_2 abfiltriert; ausgewaschen wird zunächst mit heißer $\frac{n}{10}$ H Cl und darnach mit heißem Wasser bis zum Verschwinden der Chlorreaktion. Hierauf wird das Filter mit der Kieselsäure getrocknet und verascht; die Kieselsäure wird bis zur Gewichtskonstanz nachgeglüht.

In der Asche der Heidelbeerblätter wurde in der größeren Zahl der Fälle neben der Kieselsäure (SiO_2) auch der Kalk (CaO) bestimmt. Zu diesem Zweck wurde das eingeengte Filtrat und Waschwasser von der SiO_2 - Abscheidung unter Zugabe von kleineren Mengen Eisenchlorid und von Natriumacetat durch Acetatfällung bei Siedehitze von der Phosphorsäure, durch Zugabe von Bromwasser zum

Acetatfiltrat vom Mangan befreit. Im Filtrat der Manganabscheidung wurde mit Ammoniumoxalat bei Siedehitze unter kurzem Aufkochen das Calcium als Oxalat abgeschieden; nach dem klaren Absitzen des Niederschlages wurde dieser abfiltriert, getrocknet und durch scharfes Glühen in CaO übergeführt (Die CaO-Bestimmungen wurden von Regierungs-Chemierat J u n k ausgeführt).

Untersuchungsergebnisse:

a) Allgemeiner Vergleich zwischen verschiedenen Kräutern,Gräsern und Moosen usw. aus der Umgebung Münchens.

Die gefundenen Asche- und Kieselsäure- Gehalte sind in Tafel 12 dargestellt und lassen folgende Beziehungen erkennen:

Als ausgesprochener Kalkanzeiger wird die Waldzwenke (Brachypodium silvaticum angesehen [+]. Auffallenderweise zeichnen sich aber die drei untersuchten Proben von Brachypodium silvaticum gerade durch ihren hohen Kieselsäuregehalt aus.

Ebenso auffallend ist, daß von den Moosen Catharinaea undulata den höchsten Kieselsäuregehalt aufweist,und dies noch dazu auf früherem Ackerboden. Hierbei wird noch durch weitere Untersuchungen nachzuprüfen sein, ob nicht sandige Bodenbestandteile an diesem Ergebnis etwas mitbeteiligt sind.

Die drei Mnium undulatum - Proben zeigen das gleiche Verhalten wie Baumblätter, indem auf flachgründigem Schotter mit nahe anstehendem Kalkkarbonatgehalt der Kieselsäuregehalt am geringsten und auf tiefgründig - kalkkarbonatfreiem Feinlehm der Kieselsäuregehalt über zehnmal höher ist. Da Mnium nur oberflächlich auf der Streu bzw.Mullschicht haftet, so kann der verschieden tief anstehende Kalk nur auf dem Umwege über die Baumabfälle sich auswirken.

Auch bei Hylocomium splendens besteht die Neigung, auf tiefgründig entkalktem Boden mehr SiO_2 einzulagern. Allerdings sind hier die Unterschiede nicht so groß und deutlich wie bei Mnium undulatum .

Jedenfalls war es nicht ohne weiteres zu erwarten, daß gerade die anspruchsvollsten Moose: Catharinaea und Mnium die höchste Verkieselung erreichen und andererseits jene Arten, die als bescheiden in ihrem Kalkanspruch bekannt sind, geringe SiO_2- Einlagerung zeigen.

Man könnte sich das allenfalls so erklären, daß jene Arten, die an sich hohen Kalkbedarf haben, auf eine geringere Kalkversorgung besonders deutlich durch erhöhte SiO_2- Einlagerung reagieren.

Oxalis ist bekanntlich kein eigentlicher Standortsanzeiger, sondern mehr ein Weiser für den augenblicklichen Humuszustand. Oxalis zeichnet sich durch auffallend geringen SiO_2-Gehalt auf allen 3 Standorten aus. Nur Aspidium kommt

[+] Vergl. auch A.v. Kruedener (32).

in eine ähnlich geringe Größenordnung des SiO_2-Gehaltes.

Urtica dioeca scheint unter den Kräutern sich ähnlich zu verhalten wie Brachypodium silvaticum unter den Gräsern: Mit dem höchsten Aschengehalt ist ein hoher SiO_2-Gehalt verbunden.

Zusammenfassend ergeben die herausgegriffenen Proben von Kräutern, Gräsern und Moosen, daß die unterschiedliche Verkieselung sowohl, als auch der stark wechselnde Aschengehalt offensichtlich eine Arteigentümlichkeit ist.

Die Beziehungen zwischen den mineralischen Ansprüchen der betreffenden Bodenpflanzen und dem Mineralstoffgehalt des Bodens werden aber erst deutlich, wenn man von der Gesamtasche den Kieselsäuregehalt in Abzug bringt.

Bei den untersuchten Kräutern ergibt sich eine kennzeichnende Stufenfolge in Bezug auf die kieselsäurefreie Asche. An der Spitze steht Urtica dioeca mit weitaus der höchsten kieselsäurefreien Asche. Auch die übrigen Kräuter weisen große Gehalte an kieselsäurefreier Asche auf, die höher sind als bei den untersuchten Gräsern.

Unter den Gräsern stehen in dieser Hinsicht an der Spitze Festuca und Holcus. Am tiefsten liegt Molinia. Die Gesamtasche (einschließlich SiO_2) läßt dagegen keine sinnvolle Abstufung erkennen,

Bei den Moosen liegen Mnium und Catharinaea am höchsten, Polytrichum und Hylocomium splendens am tiefsten, wenn man die Kieselsäure abzieht. Das entspricht durchaus der allgemeinen Vorstellung von den mineralischen Ansprüchen dieser Moose.

Als wesentliches Ergebnis dieser orientierenden Untersuchung an Proben der Bodenflora erscheint also, daß die Stufenfolge in den Ansprüchen bzw. Mineralstoffgehalten der Bodenflora durch Abzug der Kieselsäure von der Gesamtasche wesentlich deutlicher sich abzeichnet.

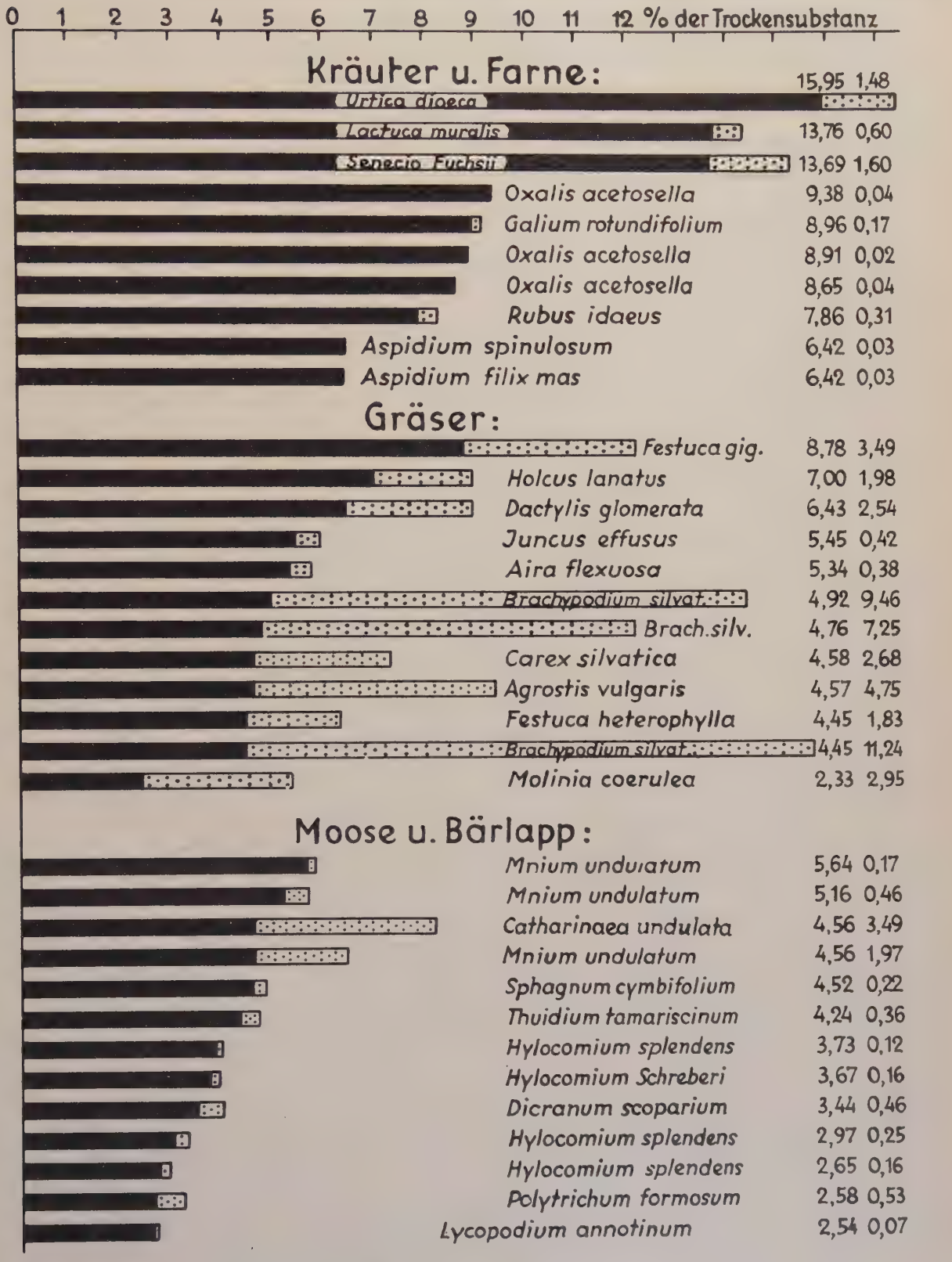
Wenn man bedenkt, daß bisher die Beurteilung der bodenanzeigenden Pflanzen im wesentlichen auf den äußeren Eindrücken in der Natur aufgebaut wurde und daß zahlenmäßige Beziehungen zwischen Bodenpflanzen und Bodenzustand höchstens durch p_H-Messungen erfaßt wurden, so erscheint die Bestimmung des Aschengehaltes unter Abzug der Kieselsäure als ein wertvolles Hilfsmittel für den Fortschritt der Beurteilung der Beziehungen zwischen Bodenflora und Boden in Bezug auf die Mineralstoffversorgung.

Wenn man die Tafel 12 nochmals im ganzen übersieht, so fällt außerdem besonders auf, daß bei diesen Bodenpflanzen in gewissem Gegensatz zu unseren Hauptholzarten(Fichte, Buche, Tanne) die ausgesprochenen Humuswurzler, wie Oxalis, Galium rot.,(Aira flex.), die meisten Moose und Lycopodium, einen besonders geringen Kieselsäuregehalt haben, die Mineralbodenpflanzen dagegen, wie die meisten Gräser und Catharinaea, sehr viel SiO_2 aufnehmen. In diesem Zusammenhang soll auch vorausgreifend auf die Tafel 13 verwiesen werden, wo die

Gesamtasche u. Kieselsäuregehalt verschiedener Waldbodenpflanzen

aus Fichtenbeständen des F.A. München-Süd

Tafel 12



Chen
München 1938/39.

Heidelbeere - eine ausgesprochene Rohhumuswurzlerin - ebenfalls einen durchschnittlich sehr niedrigen SiO_2-Gehalt aufweist.

b) Kalk und Kieselsäuregehalt von Heidelbeerblättern verschiedenartiger deutscher Standorte.

Die vergleichende Untersuchung der kieselsäurefreien Asche von verschiedenen Bodenpflanzen hat auf verhältnismäßig einfachem analytischem Wege einen sinnvollen Zusammenhang zwischen den floristisch bekannten Ansprüchen der Bodenpflanzen und ihrem Mineralstoffgehalt erkennen lassen. Alle diese Bodenpflanzen stammen aus der Umgebung von München und sind unter ähnlichen Standortsbedingungen erwachsen. Es soll nun im folgenden an e i n e r kennzeichnenden Bodenpflanze der deutschen Wälder, der Heidelbeere, eine vergleichende Untersuchung angestellt werden, die den Einfluß verschiedener Standortsbedingungen auf den Mineralstoffgehalt ermittelt. Wir haben uns dabei nicht nur auf die Bestimmung der kieselsäurefreien Asche beschränkt, sondern Reg.-Chemierat J u n k vom Bodenkundlichen Institut München hat als Ergänzung in der Mehrzahl der Fälle auch den Kalkgehalt bestimmt. Die Heidelbeerblattproben wurden aus verschiedenen Waldgebieten Deutschlands von den einzelnen Forstämtern nach genauer Anweisung für eine standörtlich definierte Probenahme eingeholt. Leider dehnte sich die Probenahme bis in den Herbst hinein aus und waren wir von hier aus nicht voll im Bild, daß die Blattverfärbung (Vergilbung) in vielen Fällen bereits eingesetzt hatte. Das eingeholte Probematerial ist deshalb nicht ganz streng vergleichbar.

Die Untersuchungsergebnisse sind in Tafel 13 übersichtlich dargestellt und in Beziehung zur Meereshöhe und Niederschlagsmenge gesetzt. Der Gesamtaschengehalt mit und ohne Kieselsäure zeigt - im großen gesehen - eine schwach abnehmende Tendenz mit steigender Meereshöhe und steigender Niederschlagsmenge, und zwar ist der Einfluß der Meereshöhe stärker als der der Niederschlagsmenge. Diese Ergebnisse sind durchaus begreiflich, wenn man sie mit den Gesamtaschengehalten bei den Nadeln der Waldbäume vergleicht: Auch bei diesen ergeben sich klare Beziehungen zur Vegetationsdauer, die ja ihrerseits wieder von der Meereshöhe abhängt.

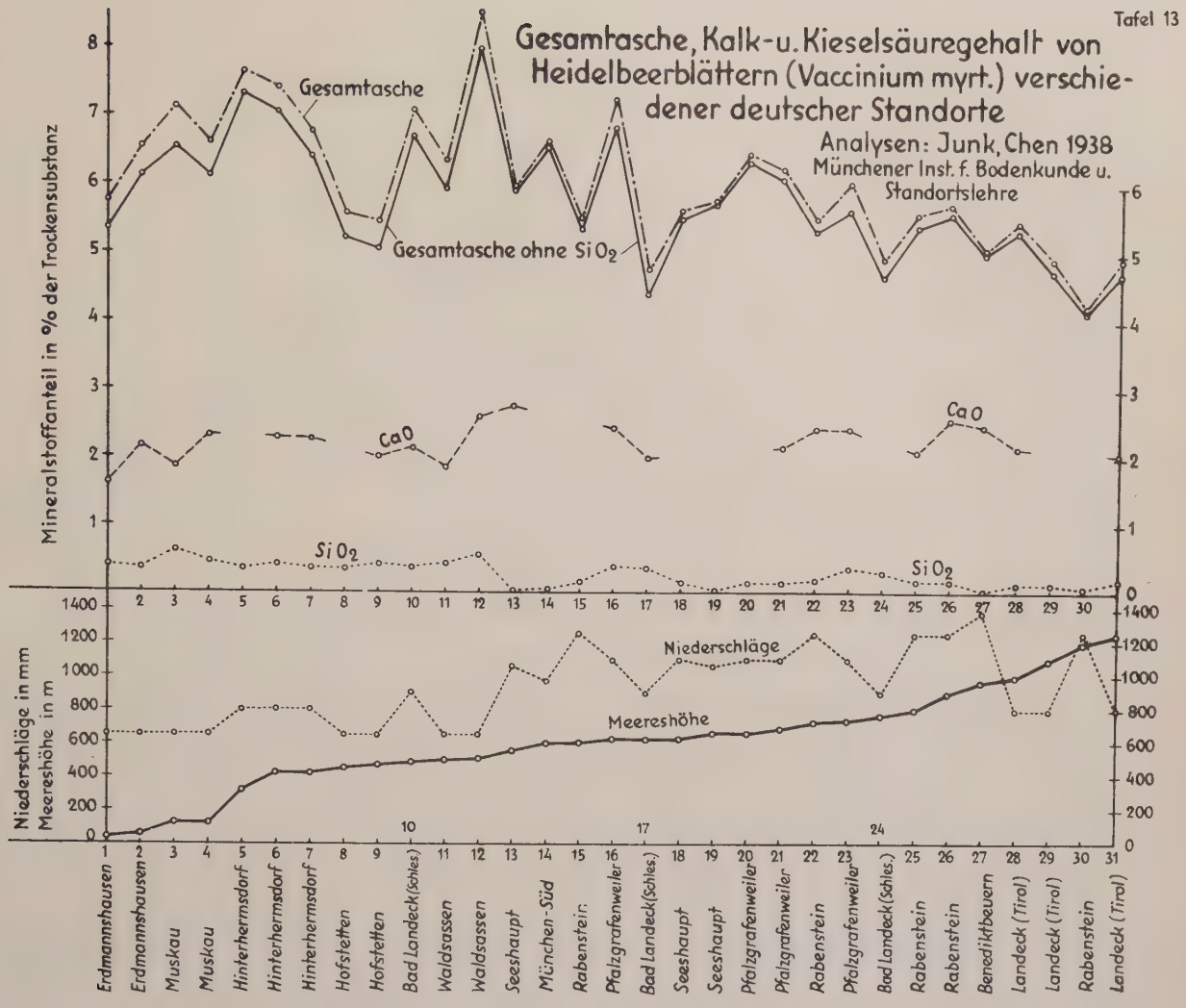
Besonders bemerkenswert ist das Ergebnis der Kalkbestimmungen. Im Gegensatz zu den vorhergehend auf S. 65 erwähnten Erfahrungen über den Kalkgehalt der Blätter der Waldbäume, ist der Kalkgehalt der Heidelbeerblätter unter den unterschiedlichsten Standortsbedingungen nicht wesentlich verschieden, und vor allem ist keinerlei abnehmende Tendenz mit steigender Meereshöhe feststellbar.

Der Kieselsäuregehalt der Heidelbeerblätter ist im Vergleich zu dem der Blattorgane vieler Holzarten gering; die Kieselsäure läßt in Übereinstimmung mit den Ergebnissen an Waldbäumen eine gewisse fallende Tendenz mit steigen-

der Meereshöhe deutlich erkennen. Auf besonders kalkarmen oder kalkreichen Standorten läßt sich der in der Fußnote auf Seite 65 erwähnte, bekannte Zusammenhang zwischen Kalk- und Kieselsäuregehalt feststellen.

Wenn auch die vorliegende Untersuchung vorläufig nur orientierenden Charakter hat, und die oben erwähnten Ungleichheiten in der herbstlichen Blattverfärbung gewisse Fehlerquellen hereintragen könnten, so erscheint doch die Feststellung eines annähernd gleichbleibenden Kalkgehaltes der Heidelbeerblätter unter den verschiedensten Standortsbedingungen so wichtig, daß man eine ursächliche Erklärung versuchen möchte. Am wahrscheinlichsten ist die Erklärung, daß die Heidelbeere wohl auf allen Standorten unter ähnlichen Bodensäurebedingungen lebt, da sie ganz überwiegend im Auflagehumus wurzelt. Die Verschiedenheiten des Untergrundes und des Mineralbodens können sich also offensichtlich nicht so auswirken wie bei anderen Pflanzen, deren Wurzeln mit dem Mineralboden unmittelbar Berührung haben.

Die Tatsache, daß die Heidelbeerblätter auf allen Standorten einen hohen und annähernd gleichbleibenden Kalkgehalt aufweisen, dürfte auch für die Beurteilung einer geschlossenen Heidelbeerdecke als Konkurrenz für den Baumbestand entscheidende Bedeutung haben. Wenn man die Gesamtmenge an Kalk, die in den Heidelbeerblättern je Hektar festgelegt ist, betrachtet, so wird auf kalkarmen Standorten ein sehr beträchtlicher Teil des überhaupt vorhandenen Kalkes dem Kreislauf des Waldes, insbesondere der flachwurzelnden Fichte, entzogen.


Gesamtasche, Kalk-u. Kieselsäuregehalt von Heidelbeerblättern (Vaccinium myrt.) verschiedener deutscher Standorte
Analysen: Junk, Chen 1938
Münchener Inst. f. Bodenkunde u. Standortslehre
Gesamtasche
Gesamtasche ohne SiO_2
CaO
SiO_2
Mineralstoffanteil in % der Trockensubstanz
Niederschläge in mm
Meereshöhe in m
Niederschläge
Meereshöhe
Erdmannshausen
Erdmannshausen
Muskau
Muskau
Hinterhermsdorf
Hinterhermsdorf
Hinterhermsdorf
Hofstetten
Hofstetten
Bad Landeck (Schles.)
Waldsassen
Waldsassen
Seeshaupt
München-Süd
Rabenstein
Pfalzgrafenweiler
Bad Landeck (Schles.)
Seeshaupt
Seeshaupt
Pfalzgrafenweiler
Pfalzgrafenweiler
Rabenstein
Pfalzgrafenweiler
Bad Landeck (Schles.)
Rabenstein
Rabenstein
Benediktbeuern
Landeck (Tirol)
Landeck (Tirol)
Rabenstein
Landeck (Tirol)

Schlußwort.

Im Rahmen einer standortskundlichen Arbeit lag es nahe, bei Untersuchungen über die Ökologie junger Holzpflanzen dem Organ der Pflanze, das im Boden lebt, der Wurzel, besondere Beachtung zu schenken. Deshalb nehmen quantitative Untersuchungen über das von Holzart zu Holzart und von Standort zu Standort verschiedene Gewichtsverhältnis von Wurzel zu Stamm und zu Assimilationsorganen im Rahmen dieser Arbeit den breitesten Raum ein. Daß wir uns dabei auf die Untersuchung von Jungpflanzen beschränkten, lag einerseits daran, daß für umfangreiche Untersuchungen an Altbäumen infolge des derzeitigen Arbeitermangels keine Arbeitskräfte zu bekommen gewesen wären, andererseits aber in der beschränkten Fragestellung, da mir als chinesischem Forstmann die Frage der Aufforstung und damit die Beschäftigung mit Jungpflanzen zweckmäßiger erschien.

Bei der Auswahl der zur Probenahme herangezogenen Standorte wurde vor allem eine kräftige Abstufung der Feuchtigkeit angestrebt, da die Wasserversorgung im Wald bekanntlich der wichtigste Wachstumsfaktor ist.

Für die Assimilationsorgane der Waldbäume spielt der Faktor „Licht" die größte Rolle. Die Auswirkung verschiedenen Lichtgenusses auf Blätter und Nadeln zahlenmäßig zu erfassen schien deshalb eine zweite wichtige Aufgabe. In diesem Sinn wird zunächst ein zahlenmäßiger Überblick über die Lichtblattausbildung zahlreicher Laubholzarten im Tharandter Forstgarten gegeben, alsdann eine vergleichende Messung der Nadelausbildung bei verschiedenem Lichtgenuß (verschiedener Stellung am Baum) im Grafrather Forstgarten ausgeführt und schließlich ein Beschattungsversuch ausgewertet, der in Schleißheim mit verschiedenen Kiefernrassen angesetzt war.

Als Beitrag zur Kenntnis der Mineralstoffrage wurden als Ergänzung zu den zahlreichen vorliegenden Untersuchungen über den Mineralstoffgehalt von Baumpflanzen an Waldbodenpflanzen Bestimmungen durchgeführt. Einerseits wurden dabei die Aschengehalte verschiedener kennzeichnender Bodenpflanzen (Kräuter, Gräser und Moose) auf ähnlichem Standort verglichen, andererseits wurde der Mineralstoffgehalt einer für den deutschen Wald besonders bedeutungsvollen Bodenpflanze, der Heidelbeere, auf verschiedenartigen Standorten untersucht.

Alle drei Abschnitte der Arbeit sind zugleich als Beiträge zur Methodik der zahlenmäßigen Untersuchung gewisser ökologischer Einflüsse gedacht. Außerdem wurde auch auf eine sinnvolle und sprechende graphische Darstellung besonderer Wert gelegt.

Wenn wir im Wald an Stelle der bisherigen mehr schätzungsmäßigen Beobachtung immer mehr zu zahlenmäßiger Erfassung übergehen, so kommen dafür

selbstverständlich nur einfache, überall leicht durchführbare Arbeitsmethoden in Frage. Angesichts der Vielgestaltigkeit der Erscheinungen und der in der Natur sich vielfach überlagernden Einzeleinflüsse, kommt es darauf an, jeweils sehr zahlreiche Bestimmungen auszuführen, um entsprechende Durch - schnittswerte zu bekommen. Auch dieser Gesichtspunkt zwingt dazu, möglichst einfache Methodem anzuwenden. Es kommt ja auch bei diesen Untersuchungen ungleich mehr auf eine wohldurchdachte und zweckentsprechende Probenahme an, als auf eine nur mit unverhältnismäßigem Arbeitsaufwand zu erreichende Genauigkeit der Einzeluntersuchung. Die Fehlermöglichkeiten bei der Auswahl der Untersuchungsobjekte und bei der Probenahme sind um ein Vielfaches größer als bei der Durchführung der Untersuchung.

Alle diese Gesichtspunkte gelten natürlich in besonderem Maße für meine zukünftigen Arbeiten im heimischen chinesischen Wald, weil ich dort vielfach mit noch einfacheren Hilfsmitteln arbeiten muß als sie hier im deutschen Wald zur Verfügung stehen.

Benutztes Schriftum.

1. Zu Teil I:

a) Landwirtschaftliche Untersuchungen.

1) C. v. Seelhorst mit Tucker, 1898: „Der Einfluß, welchen der Wassergehalt und der Reichtum des Bodens auf die Ausbildung der Wurzeln und der oberirdischen Organe der Haferpflanze ausüben". Mitteilungen aus dem Laboratorium des Versuchsfeldes der Universität Göttingen, erschienen im Journal für Landwirtschaft, XLVI, 1898, S.52; Verlag Paul Parey - Berlin.

2) C.v. Seelhorst mit N. Georgs, 1900: „Der Einfluß der Düngung und des Wassergehaltes des Bodens auf den Bau und auf die Zusammensetzung der Gerstenpflanze resp. des Gerstenkornes". Mitteilungen des landwirtschaftlichen Versuchsfeldes der Universität Göttingen, erschienen im Journal für Landwirtschaft XLVIII, 1900, S.325; Verlag Paul Parey - Berlin.

3) Kossowitsch, 1904: „Die Entwicklung der Wurzel in Abhängigkeit von der Bodentemperatur in der ersten Wachstumsperiode der Pflanzen", erschienen im russischen Journal für experimentelle Landwirtschaft, 1903, Bd. IV, S.399 ff.

4) Clausen, 1929: „Oberirdische Pflanzenmasse und Wurzelgewicht", erschienen in „Fortschritte der Landwirtschaft", IV, 1929, S.277; Verlag Julius Springer, Berlin und Wien.

5) A. Volk, 1938: „Einfluß von Ernährung und Wasserversorgung auf Holzreife und Wurzelbildung der Rebe", erschienen in der Zeitschrift „Die Ernährung der Pflanze", Heft 21/22, 1938, S.343, Deutsches Kalisyndikat, Verlag Berlin SW.11.

b) Forstliche Untersuchungen (einschl. Obstbau):

6) Nobbe, 1875: „Beobachtungen und Versuche über die Wurzelbildung der Nadelhölzer". Mitteilungen aus der physiologischen und Samenkontroll-Station Tharandt, Erschienen in „Landwirtschaftliche Versuchsstationen" XVIII, 1875, S.279, Verlag Eduard Focke, Chemnitz.

7) S. Ter Sarkisow, vor 1892: Zitiert bei F.Schwarz (8, S.95); Mitteilungen der land- und forstwirtschaftlichen Akademie zu Petrowskoë, Jahrgang V, Heft 2.

8) F. Schwarz, 1892: „Über den Einfluß des Wasser- und Nährstoffgehaltes des Sandbodens auf die Wurzelentwickelung von Pinus silvestris im ersten Jahre". Zeitschrift für Forst- und Jagdwesen 1892, S.97.

9) Marstaller, vor 1918, in Mitteilungen der württembergischen Versuchsanstalt 1,46; zitiert bei Bühler „Waldbau" 1918, S.455.

10) Steglich, vor 1918: „Statik des Obstbaus", Arbeiten der Deutschen Landwirtschaftlichen Gesellschaft, Heft 132, S.5; zitiert bei Bühler „Waldbau" 1918, S.452.

11) A. Bühler, 1918: „Waldbau" I.Bd S.452 und 455; Verlag Eugen Ulmer 1918.

12) E. Zederbauer, 1920: „Ein Beitrag zur Kenntnis des Wurzelwachstums der Fichte", Centralblatt für das gesamte Forstwesen 1920 S.336.

13) Büsgen-Münch, 1927: „Bau und Leben unserer Waldbäume" 1927. S.265; Zitat der Angaben von Oberlandforstmeister Matthes.

14) H.B u r g e r, 1929: „Die Weymutsföhre", Mitteilungen der Schweizerischen Centralanstalt für das forstliche Versuchswesen, XV. Bd.,Heft 2, S.276, Zürich 1929.

15) H.B u r g e r, 1930: „Holzarten auf verschiedenen Bodenarten", Mitteilungen der Schweizerischen Centralanstalt für das forstliche Versuchswesen, XVI,Bd. Heft 1,S.49. Zürich 1930.

16) H.L u n d e g a r d h, 1930: „Klima und Boden",S.252,S.185; Verlag Gustav Fischer,Jena.

17) C h. C o s t e r, 1932, „Wurzelstudien in den Tropen",I,Tektona 1932,S.868. Aflevering 9, Archipel Drukkerij -Buitenzorg.

Außerdem:

18) W i e d e m a n n, 1926: „Die Kiefernnaturverjüngung in der Umgebung von Bärenthoren", Zeitschrift für Forst- und Jagdwesen, 1926 LVIII. Jahrgang, S.293 ff.

19) E n g l e r, 1903: „Untersuchungen über das Wurzelwachstum der Holzarten", Mitteilungen der Schweizerischen Centralanstalt für das forstliche Versuchswesen, Bd. 7, S.247 ff.

Nach Abschluß der Arbeit erschien:

20) H o f f m a n n, 1939: „Vergleichende Untersuchungen über die Wurzeltracht forstlicher Kleinpflanzen", Wissenschaftliche Abhandlung zur Erlangung der Doktorwürde an der Staatswirtschaftlichen Fakultät der Ludwig-Maximilians- Universität München,Buchdruckerei Eduard Seibert, Giessen 1939.

2. Zu Teil II und III:

21) K. M ü l l e r: „Aschenanalysen über den standörtlich verschiedenen Mineralstoffgehalt der Fichtennadeln bei vergleichbarer Probenahme". Dissertation, Tharandt 1934,S.27.

22) M u s t a f a: „Beitrag zur Ökologie der Tanne". Dissertation,Tharandt 1934, S.26.

23) T ä g e r: „Untersuchung über Licht- und Schattennadeln", Diplomarbeit, Tharandt 1935, unveröffentlicht.

24) C i e s l a r: „Licht- und Schattholzarten. Lichtgenuß und Bodenfeuchtigkeit", Centralblatt für das gesamte Forstwesen 1909, S.5.

25) B a d o u x: „Lichtversuche mit Deckgittern. Ausgeführt mit 11 Holzarten im Versuchsgarten Adlisberg 1893 - 97". Mitteilungen der Schweiz. Centralanstalt f.d. forstl. Versuchswesen, 6.Bd.1898.S.29.

26) M ü n c h: „Beiträge zur Kenntnis der Kiefernrassen Deutschlands", Allgemeine Forst- und Jagdzeitung, 100. Jahrgang (1924),S.540.

27) V a n s e l o w: „Wuchsformen der Kiefer in Deutschland", Allg.Forst- und Jagdzeitung 1933,S.349, 389; 1934 ebenda, S.1, 49, 81, 247.

28) E b e r m a y e r: „Die gesamte Lehre der Waldstreu mit Rücksicht auf die chemische Statik des Waldbaues",Berlin 1876, Verlag Julius Springer.

29. W e b e r: „Über den Einfluß des Standortes auf die Zusammensetzung der Aschen von Buchenlaub und Fichtennadeln" Allgemeine Forst- und Jagdzeitung.1875, S.221.

30) R a m a n n: „Untersuchungen über den Mineralstoffbedarf der Waldbäume und über die Ursachen seiner Verschiedenheit", Zeitschrift für Forst- und Jagdwesen 15, S.1,(1883)

31) K r a u ß: „Über die Schwankungen des Kalkgehaltes im Rotbuchenlaub auf verschiedenem Standort", Forstwissenschaftliches Centralblatt 1926, S.401.

32) v. K r u e d e n e r: „Forstliche Standortsanzeiger" S.41, München 1933, Verlag Max Schick.

33) G. Großmann: „Beiträge zur Verdunstungsmessung". Diplomarbeit, Tharandt 1933 (noch nicht veröffentlicht).

34) K r a u ß: „Wald und Boden", Zeitschr. Raumforschung und Raumordnung. 2.Jahrgang, Seite 592; insbesondere Seite 596.

Anhang

Ortsverzeichnis
zur
Karte der jahreszeitlichen Verteilung der Niederschläge in Ostasien.

Nr.	Ort	Provinz bzw.Land	Nr.	Ort	Provinz bzw.Land
1	Aigun	Heilungkiang	36	Lunhchuankwan	Hopei
2	Hunchun	Kirin	37	Tzekingkwan	"
3	Kungchuling	Fengtien	38	Hsiunghsien	"
4	Tyûkôtin	Korea	39	Tangku	"
5	Mukden	Fengtien	40	Hsinchen	"
6	Newchwang	"	41	Tsaitsun	"
7	Antung	"	42	Kiuwangchwang	"
8	Zyôsin	Korea	43	Sifengkow	"
9	Heizyô	"	44	Lutai	"
10	Gensan	"	45	Lvanhsien	"
11	Keizyô	"	46	Lokiatun	"
12	Kôryô	"	47	Chinwangtao	"
13	Zensyû	"	48	Laoietsien	"
14	Taikyû	"	49	Sinhsien	Shansi
15	Moppo	"	50	Matowchen	Hopei
16	Husan	"	51	Yangliuching	"
17	Ituhara	Japan	52	Hsienhsien	"
18	Tiaoyutai	Jehol	53	Taiyuan	Shansi
19	Kweihwating	Suiyuan	55	Shihchiachung	Hopei
20	Erhtaoho	"	56	Suchuang	"
21	Nanhaotsien	Chagar	57	Hengshui	"
22	Kalgan	Chagar	58	Szenusze	Shantung
23	Tushihkow	"	59	Chukiachai	"
24	Tsienkiatien	"	60	Kingyunhsien	Hopei
25	Chengteh	Jehol	61	Howki	Shantung
26	Erhshihszekinti	Shansi	62	Chefoo	"
27	Fengchen	Suiyuan	63	N.E.Promontory	"
28	Tatung	Shansi	64	S.E.Promontory	"
29	Yangyuanhsien	Chalgar	65	Tsingtao	"
30	Choluhsien	"	66	Lanchow	Kansu
31	Yangchiaping	"	67	Pingyao	Shansi
32	Changpinghsien	Hopei	68	Tangshan	Hopei
33	Hunyuan	Shansi	69	Neikiuhsien	"
34	Sohsien	"	70	Lokow	Honan
35	Taihsien	"	71	Litsing	Shantung

Nr.	Ort	Provinz bzw. Land	Nr.	Ort	Provinz bzw.Land
72	Changteh	Honan	117	Lokchang	Kwantung
73	Taming	Hopei	118	Linchow	"
75	Shanhsien	Honan	119	Yingkia	Kwangsi
76	Tungyuenfang	Shensi	120	Kweilin	"
77	Tsehhsien	Shansi	121	Yungfu	"
78	Puyanghsien	Hopei	122	Souyen	"
79	Kaifeng	Honan	123	Wuchow	"
80	Tangkiaying	"	125	Watlam	"
81	Chungking	Szechwan	126	Sinhing	Kwangtung
82	Ichang	Hupeh	127	Lamko	"
83	Hankow	"	128	Kiungchow	"
84	Yochow	Hunan	129	Pakhoi	"
85	Kiukiang	Kiangsi	130	Nanning	Kwangsi
86	Anking	Anhwai	131	Lungchow	"
87	Wuhu	"	132	Shanglin	"
89	Chingkiang	Kiangsu	133	Poshe	"
90	Woosung	"	134	Silung	"
92	Zikawei	"	135	Kweiyang	Kweichow
93	Shaweishan	"	136	Tengyueh	Yunnan
94	North Saddle	"	137	Pratas	Kwangtung
95	Steep Island	"	138	Hôko	Formosa
96	Ningpo	Chekiang	139	Kôsyun	"
97	Peiyushan	"	140	Teinan	"
98	Wenchow	"	142	Taytyû	"
99	Tungyung	Fukien	143	Karenkô	"
100	Foochow	"	144	Taihoku	"
101	Turnabout	"	145	Kagosima	Japan
102	Ockseu	"	146	Miyazaki	"
104	Chapel Island	"	148	Nagasaki	"
105	Lamocks	Kwangtung	150	Ooita	"
107	Chilang Point	"	151	Asiduri	"
108	Lungchun	"	152	Muroto	"
110	Hoyun	"	154	Matuyama	"
112	Canton	"	155	Hamada	"
113	Tsingyuen	"	156	Okayama	"
114	Paktohui	"	157	Kôbe	"
115	Nanyung	"	158	Wakayama	"
116	Changhsa	Hunan	160	Sakai	"

Nr.	Ort	Provinz bzw. Land	Nr.	Ort	Provinz bzw. Land
161	Miyadu	Japan	182	Yamagata	Japan
162	Turuga	"	183	Isinomaki	"
164	Gihu	"	184	Akita	"
165	Tu	"	185	Toyooka	" "
166	Hamamatu	"	186	Miyako	"
167	Hatizyôzima	"	187	Aomori	"
168	Kanazawa	"	188	Hakodate	"
169	Iida	"	189	Suttu	"
170	Numadu	"	190	Sapporo	"
171	Katuura	"	191	Obihiro	"
172	Tyôsi	"	192	Haboro	"
173	Tôkyô	"	193	Asahigawa	"
174	Mito	"	194	Kusiro	"
175	Maebasi	"	195	Nemuro	"
176	Matumoto	"	196	Abasiri	"
177	Minaduki	"	197	Honto	"
178	Takada	"	198	Ootomari	"
179	Asio	"	199	Otiai	"
180	Onahama	"	200	Sikka	"
181	Aikawa	"			

Bemerkung: Die Lücken in der Nummernfolge sind verursacht durch nachträgliches Ausscheiden von Diagrammen im Interesse der Übersichtlichkeit der Karte.